

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome CI

1981

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59635 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

Extraits des Statuts

Article 2.

— Cette Société a pour objet de concourir à l'avancement de la géologie en général, et particulièrement de la géologie de la région du Nord de la France.

— La Société se réunit de droit une fois par mois, sauf pendant la période des vacances. Elle peut tenir des séances extraordinaires décidées par le Conseil d'Administration.

— La Société publie des Annales et des Mémoires. Ces publications sont mises en vente selon un tarif établi par le Conseil. Les Sociétaires bénéficient d'un tarif préférentiel⁽¹⁾.

Article 5.

Le nombre des membres de la Société est illimité. Pour faire partie de la Société, il faut s'être fait présenter dans l'une de ses séances par deux membres de la Société qui auront signé la présentation, et avoir été proclamé membre au cours de la séance suivante.

Extraits du Règlement Intérieur

§ 7. — Les Annales et leur supplément constituent le compte rendu des séances.

§ 13. — Seuls les membres ayant acquitté leurs cotisation et abonnement de l'année peuvent publier dans les Annales. L'ensemble des notes présentées au cours d'une même année, par un même auteur, ne peut dépasser le total de 10 pages, 1 planche simili étant comptée pour 2 p. 1/2 de texte.

Le Conseil peut, par décision spéciale, autoriser la publication de notes plus longues.

§ 17. — Les notes et mémoires originaux (texte et illustration) communiqués à la Société et destinés aux Annales doivent être remis au Secrétariat le jour même de leur présentation. A défaut de remise dans ce délai, ces communications prennent rang dans une publication postérieure.

§ 18. — Les mémoires sont publiés par fascicules après décision du Conseil.

Avertissement

La Société Géologique du Nord ne peut en aucun cas être tenue pour responsable des actes ou des opinions de ses membres.

Tirages à part

Conformément au paragraphe 14 du Règlement Intérieur (Tome LXXXI, p. 12), les tirages à part sont à la charge des auteurs qui doivent en faire par écrit la déclaration expresse en tête des épreuves du bon à tirer.

Cotisations et Abonnements (à la date du 1^{er}-1-1981)

	QUALITE	COTISATION	ABONNEMENT	TOTAL
FRANCE et BENELUX	Personnes physiques ⁽²⁾	20,00 F	105,00 F H.T.	125,00 F H.T.
AUTRES PAYS	Personnes physiques	20,00 F	120,00 F H.T.	140,00 F H.T.

Abonnement des non-membres : FRANCE : 240,00 F H.T. — ETRANGER : 280,00 F

Pour tous renseignements et règlements, s'adresser à : Secrétariat S.G.N., Sciences de la Terre,
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex — Tél. 91.92.22 — C.C.P. Lille 5247

ANNALES DE LA SOCIETE GEOLOGIQUE DU NORD

La vente des Annales s'effectue par tomes entiers aux prix suivants. Exceptionnellement, et jusqu'à épuisement du stock, certains fascicules sont en vente séparément. Leur liste figure en fin de fascicule.

Tomes I à LXXIX (manquent I, II, V à IX, XVI, XXII, XXXIV à XXXVI, XXXIX, à XLIII, XLV, XLVII à LVIII)	170,00 F H.T.
Tomes LXXX à XCV (manque XCI)	220,00 F H.T.
Tomes XCVI et suivants	240,00 F H.T.

(1) Modification adoptée lors de l'Assemblée Générale du 10 Janvier 1974.

(2) Les étudiants qui en font la demande annuelle peuvent, par décision du Conseil, bénéficier d'un tarif préférentiel sur l'abonnement (58,00 F).

SOCIÉTÉ
GÉOLOGIQUE
DU
NORD

ANNALES

Tome CI

1981

3^{me} trimestre

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
59655 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX

CONSEIL D'ADMINISTRATION

— 1981 —

<i>Président</i>	M. J. LEPLAT
<i>Premier Vice-Président</i>	M. J. CHARVET
<i>Vice-Présidents</i>	M ^{me} D. BRICE
	M. M. WATERLOT
<i>Secrétaire</i>	M. J.M. DÉGARDIN
<i>Secrétaire-Adjoint</i>	M. B. HOYEZ
<i>Directeur de la Publication</i> .	M ^{me} Paule CORSIN
<i>Trésorier</i>	M. l'Abbé TIEGHEM
<i>Archiviste-Bibliothécaire</i>	M. J.L. MANSY
<i>Conseillers</i>	M. B. CLÉMENT
	J. CHALARD
	H. CHAMLEY
	M. J.M. CHARLET
	M. J. SOMMÉ
	M. P. CELET

COMITE DE LECTURE

— 1981 —

M^{me} Paule CORSIN, Directeur de la publication
M. J.M. CHARLET
M. Ch. DELATTRE
M. P. CELET
M. I. GODFRIAUX

A N N A L E S
D E L A
S O C I É T É G É O L O G I Q U E D U N O R D

Société fondée en 1870 et autorisée par arrêtés en date des 3 Juillet 1871 et 28 Juin 1873

Secrétariat : Société Géologique du Nord
Sciences de la Terre, 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex
Tél. 91.92.22 — C.C.P. Lille 52-47

Compte rendu de l'activité de la Société

EXCURSION DU 13 JUIN 1981

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

Les grandes carrières de la région de Marquise (Pas-de-Calais), implantées dans le massif primaire du Boulonnais, sont bien connues des géologues du Nord de la France qui y trouvent un terrain propice aux observations de toute nature. Ensemble, elles produisent chaque année plus de six millions de tonnes de matériaux, provenant pour l'essentiel de la Société des Carrières du Boulonnais et de la Société des Carrières de la Vallée Heureuse et du Haut Banc, ce qui correspond à une excavation de plus d'un hectare de superficie et de 100 m de profondeur.

Le 13 juin 1981, une quarantaine de nos membres se sont retrouvés sur les lieux du premier rendez-vous, aux Carrières de la « Vallée Heureuse » et « du Haut-Banc ». Cette Société possède deux sièges d'extraction : le siège de la Vallée Heureuse et le siège de Basse-Normandie, provisoirement à l'arrêt. C'est vers ce dernier que nous nous sommes d'abord dirigés.

D'une superficie d'environ 22 hectares, la carrière de « Basse-Normandie » s'allonge suivant une direction SW-NÉ en bordure de la voie ferrée Calais-Boulogne. Depuis le chemin qui surplombe la carrière côté E, on découvre le front NW où se succèdent, en stratification monoclinale, les séquences du Calcaire du Haut-Banc ($V_{2b} \alpha-\beta$) et de la Dolomie à *Lithostrotion martini* ($V_{2b} \gamma-\delta$). Ces formations, qui appartiennent au massif du Haut-Banc, sont recouvertes vers le Sud par les pélites et grès d'âge Dévonien supérieur du massif d'Hydrequent, ramenés par la faille chevauchante d'Hydrequent. Celle-ci se manifeste dans la carrière sous la forme d'une écaille de poussée dont l'étude a été réalisée il y a quelques années par Colbeaux.

Appellation et description sommaire		Epaisseur	Séquences de B. HOYER	Stratigraphie
Banc de 160	Lunel fleuri = "Fleuri Albert"	1,60	8	LUNEL
Parisien n° 1	Lunel uni	1,80	7	
Parisien n° 2	Lunel fleuri "Bouffées de pipe" et Lunel uni	1,75	6	
Parisien n° 3	Lunel uni	1,80		
Vallée Heureuse	Lunel uni	3,50	5	
Banc de 150	Lunel fleuri "Grand Ramage"	1,50	4	CALCAIRE
Banc de 250	Lunel fleuri "Peau de Panthère" et Lunel uni	2,50	3	
Banc de 130	Lunel uni	1,30		

2 V_{2b} DOLOMIE A
LITHOSTROPHION
MARTINI

Fig. 1. — Principaux niveaux marbriers exploités à la carrière « Vallée Heureuse » d'après les données fournies par l'exploitant.

De retour à la carrière de la « Vallée Heureuse », les participants se sont rendus directement dans la partie la plus profonde de l'excavation pour y examiner un pli en genou. Cette structure, immédiatement au Sud de la « faille de Ferques », constitue en fait un trait majeur du massif du Haut-Banc. Pour l'exploitant, ce pli en genou est particulièrement intéressant dans la mesure où les Calcaires Lunel et Napoléon (V_{3a}), qui forment le cœur du synclinal, sont très recherchés pour leur pureté (« pierres à chaux »).

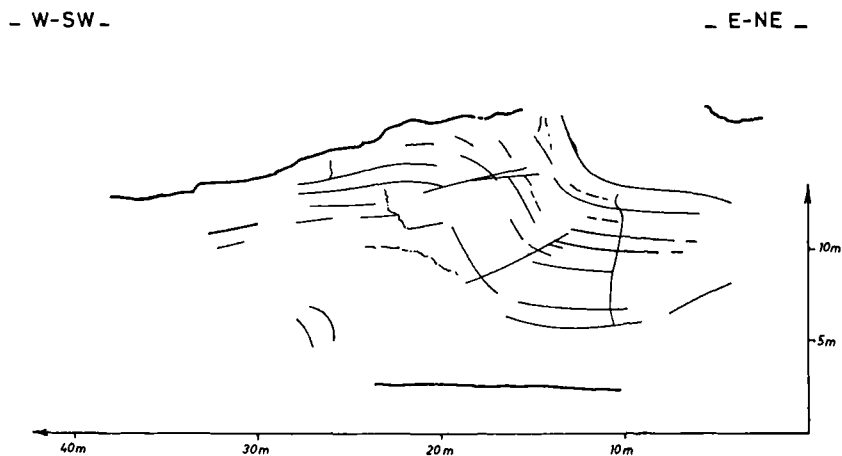


Fig. 2. — Carrière de la Vallée Heureuse (Côté Ouest). Le pli en genou, vu du fond de l'approfondissement.

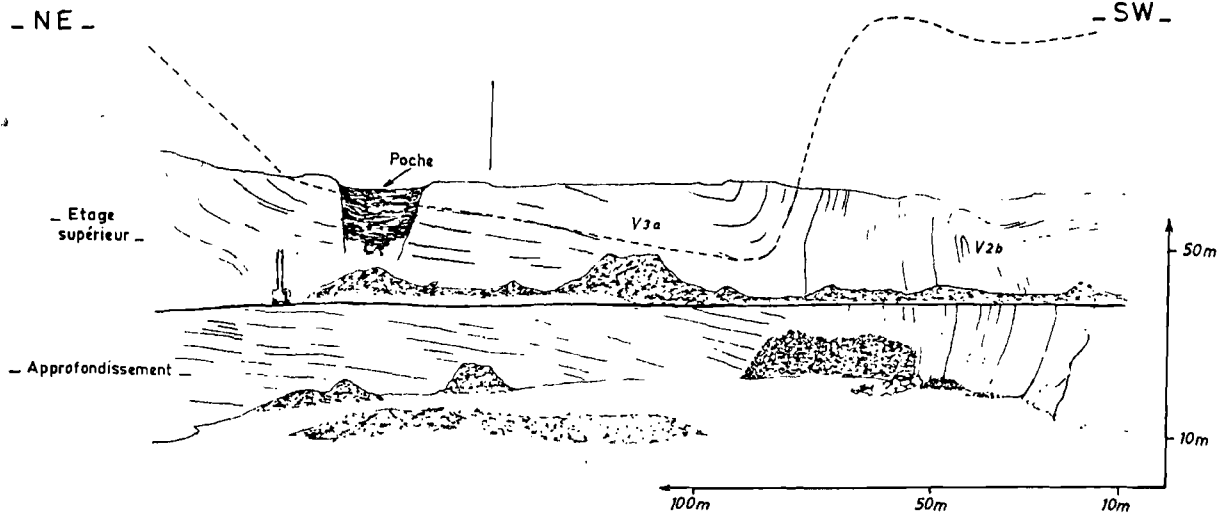


Fig. 3. — Carrière de la Vallée Heureuse (Côté Est).
Le pli en genou, vu du fond de l'approfondissement.

En quittant cette carrière pour aller déjeuner, le groupe est repassé devant le chantier marbrier où la Vallée Heureuse exploite comme pierre marbrière la base du calcaire Lunel ($V_{3a} \alpha$ - séquences 3 à 7 de Hoyez), soit au total une quinzaine de mètres au maximum. La description détaillée de ces niveaux a été faite par Dervillé.

Après le déjeuner pris à Rincent, les participants ont repris la route de Ferques pour la visite des « Carrières du Boulonnais ». Comme la Vallée Heureuse, cette Société possède deux sièges d'extraction : le siège de Leulinghen et le siège de Blecquenecques. C'est ce dernier que nous avons d'abord visité.

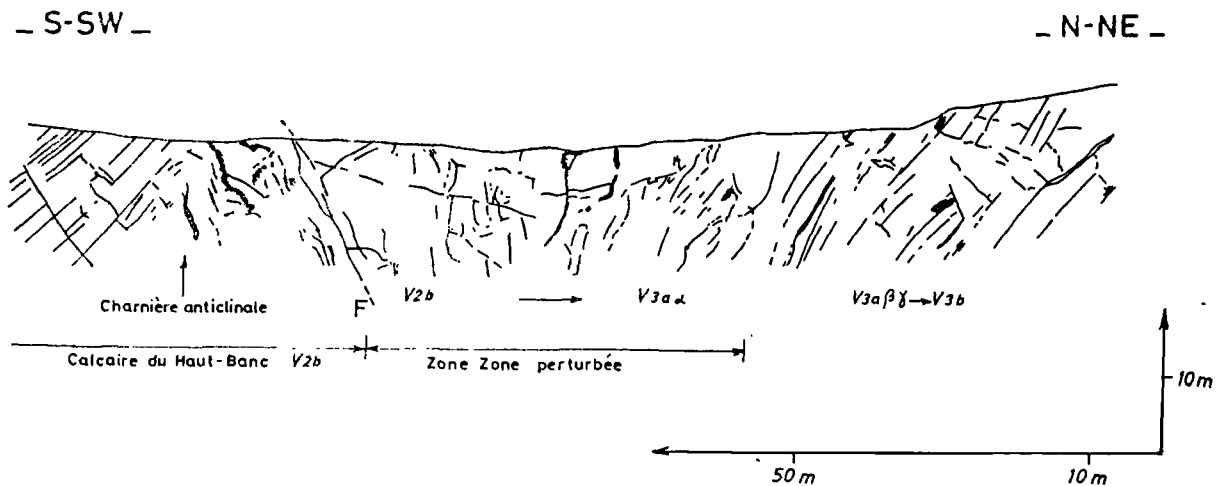


Fig. 4. — Carrières du Boulonnais, Siège de Blecquenecques, Carrière des Moines (division V).

Appellation	Épaisseur		Séquences de B.HOYZ
RUBANE STRIE	1,60	N A P O L E O N	V _{3a} γ
RUBANE VÉRITABLE	1,65		
NAPOLÉON PIED D'ALOUETTE	1,50		
NOTRE-DAME SAUVAGE	1,50		
NOTRE DAME A	1,50		
NAPOLÉON TIGRE	1,00		V _{3a} β
NAPOLÉON GRAND MÉLANGE	5,50		
BRUN FLEURI	,20		
TABAC	0,75		
LUNEL BANC I	0,70		
NOTRE DAME B	1,75		
GIPOLIN = LUNEL RUBANE FONCÉ	0,40	L U N E L	17
LUNEL BANC H.	0,90		
JOINVILLE	1,00		
LUNEL RAMAGE	0,70		
LUNEL UNI CLAIR	0,50		
LUNEL FLEURI NACRE ET RAMAGE	1,10		V _{3a} α
LUNEL 1/2 CLAIR ET FLEURI ANTIQUE	1,30		
LUNEL UNI CLAIR = BANC DE 105	1,05		15
LUNEL UNI FONCÉ	0,60		
LUNEL UNI ROSE	0,90		14
HENRIETTE BRUNE (ou Fleuri foncé)	0,90		
LUNEL UNI CLAIR = BANC DE 130	1,30		
HENRIETTE BLONDE (ou Fleuri clair)	0,70	13	
LOUPINNES CLAIR 150'	1,50		
LOUPINNES UNI	0,80		

Fig. 5. — Principaux niveaux marbriers exploités à la carrière « Napoléon » d'après les données fournies par l'exploitant.

Le siège de Blecquenecques comporte trois points d'extraction : deux carrières, les carrières dites « des Moines » (division V) et du « Bois Sergent » (division VI), desservent l'unité de concassage-criblage ; la troisième, la « carrière Napoléon », alimente le chantier marbrier. Implantée dans le massif autochtone de Ferques, la « carrière du Bois Sergent » montre toute la série des strates viséennes, du V_{2a} au V_{3b} , inclinées de 35° - 40° vers le Sud. La « carrière des Moines », ouverte dans le massif du Haut-Banc au contact de la « faille de Ferques », permet de retrouver le pli en genou vu le matin dans la carrière de la Vallée Heureuse, le schéma général étant ici compliqué par l'existence d'un accident à caractère décrochant

La visite de l'exploitation marbrière est guidée par Monsieur DEKLUNDER, qui accueille la Société Géologique du Nord en tant que représentant de la Société des Carrières du Boulonnais. Les pierres marbrières exploitées par la Carrière appartiennent au sommet du Calcaire Lunel ($V_{3a} \alpha$ - séquences 10 à 17 de Hoyez) et à la base du Calcaire Napoléon ($V_{3a} \beta - \gamma$).

En dernier lieu, les participants se sont rendus à la carrière de Leulinghen. Ouverte dans l'autochtone de Ferques, contre la « faille de Ferques », cette exploitation a permis récemment une série d'observations intéressantes. En effet, la création d'une nouvelle piste d'accès aux étages inférieurs a mis en évidence, à l'emplacement de la « faille de Ferques », un affleurement de Jurassique transgressif sur du Westphalien productif (une couche de charbon était nettement visible).

Par ailleurs, plusieurs séquences du Viséen terminal, comportant des niveaux d'argilites plus ou moins charbonneuses, ont pu être observées. La coupe, en cours d'étude au B.R.G.M., complètera les descriptions réalisées antérieurement sur le Viséen par Hoyez.

Avant de prendre le chemin du retour, les participants sont invités par Monsieur DEKLUNDER à vider le verre de l'amitié dans les locaux de la carrière.

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- COLBEAUX J.P. (1975). — Etude d'une zone de chevauchement : la faille d'Hydrequent (Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCV, p. 101-108.
- COLBEAUX J.P., CONIL R., HOYEZ B. (1978). — Phénomènes tectoniques au voisinage de la faille de Ferques (Massif primaire du Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCVIII, p. 345-358.
- BECQ-GIRAUDON J.F., COLBEAUX J.P., LEPLAT J. (1981). — Une coupe dans le Jurassique et le Houiller à la carrière de Leulinghen (Boulonnais). *Ann. Soc. Géol. Nord* (en cours de parution).
- COLBEAUX J.P., LEPLAT J. (1982). — Apports de l'exploitation du charbon et des matériaux de construction à la connaissance de la structure du massif primaire du Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord* (en cours de parution).
- DERVILLE H. (1931). — Les marbres du Calcaire Carbonifère en Bas-Boulonnais. *Thèse Strasbourg*, 322 p., 30 fig. 24 pl.
- HOYEZ B. (1970). — Analyse séquentielle des Calcaires Viséens du massif du Haut-Banc (Boulonnais). *Thèse 3^e Cycle, Lille*, 174 p., 34 pl.
- HOYEZ B. (1971). — Le Viséen du Boulonnais : analyse et corrélations séquentielles. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCI, p. 113-128.

* * *

SEANCE ORDINAIRE DU 4 NOVEMBRE 1981

Présidence de M. J. LEPLAT, Président

Monsieur le Président ouvre la séance en faisant procéder à l'élection de nouveaux membres :

M^{me} F. MAGNIEZ-JANNIN, Institut des Sciences de la Terre, Faculté des Sciences, Université de Dijon, 6, Boulevard Gabriel, 21100 Dijon, présentée par MM. F. Amedro et F. Robaszynski.

M. P. DEGRUGILLIERS, Géologue à la Société Géoméca à Lille, 50, Route d'Oppy, Neuvireuil, 62580 Vimy, présenté par MM. J. Leplat et J.M. Dégardin.

Puis il fait part à l'assemblée de distinctions attribuées à nos membres. Il s'agit de : M. P. CELET, qui a été promu « Commandeur dans l'Ordre des Palmes Académiques » ; M. J.M. CHARLET, qui a reçu le prix « Gosselet » de la Société des Sciences, de l'Agriculture et des Arts de Lille.

Au nom de la Société, le Président leur adresse ses sincères félicitations.

Communications orales

S. NOUALI, B. TRIPLET et H. MAILLOT. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (région Est de Lille, Nord de la France).

Cl. BROUSMICHE et J.P. LAVEINE. — Caractères, répartition et synonymie du *Pecopteris avoldensis* (Stur) dans le bassin houiller sarro-lorrain (*).

A. DELMER, V. LECLERCQ, R. MARLIÈRE et F. ROBASYNSKI. — La géothermie en Hainaut et le sondage de Ghlin (Mons, Belgique) (**).

Communications écrites

S. LOBOZIAK. — Précisions sur la distribution de quelques mégaspores dans le bassin houiller de Lorraine (*).

B. CLÉMENT et G. KATSIKATSOS. — Etude géologique d'un secteur des zones internes des Hellénides : l'Attique septentrionale (Grèce continentale) (*).

J.C. ROHART. — *Phillipsastraeidae* (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851).

F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (Ammonites, Foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais.

(*) Note parue dans le fascicule n° 2, tome CI.

(**) Note à paraître dans le prochain fascicule.

Phillipsastraeidae (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France)

2. - *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851)

par Jean-Claude ROHART (*)

(Planches IX et X)

Résumé. — L'espèce est redécrite à partir d'échantillons de la localité type. La variation, la structure fine et la gemmation sont étudiées plus particulièrement. L'espèce est limitée à la Formation de Ferques. Membre de la Parisienne, d'âge Frasnien moyen (zone supérieure à *Polygnathus asymmetricus*).

On précise aussi les caractères qui distinguent le genre *Scruttonia* du genre *Phillipsastrea* après avoir donné quelques compléments sur la localité type et la structure fine de *S. bowerbanki*, l'espèce type de *Scruttonia*.

Abstract. — The species is described from a sample of the type-locality. The variation, fine structure and increase are studied. It was collected only from the Ferques Formation, Member of the Parisienne. The age is Middle Frasnian, upper *Polygnathus asymmetricus* zone.

The features which distinguish *Scruttonia* and *Phillipsastrea* are given, with some complements on the type-locality and the fine structure of *S. bowerbanki*, the type species of *Scruttonia*.

Lors de nouvelles études stratigraphiques sur le Dévonien moyen et supérieur du Boulonnais (Brice *et al.*, 1977, 1978), nous avons rencontré *Scruttonia boloniensis* (M.E. et H., 1851) dans un niveau très localisé de la Formation de Ferques. C'est la seule forme thamnastéroïde présente dans ces couches. L'espèce est maintenue dans le genre *Scruttonia* Tcherepnina, 1974 car elle a de grandes affinités avec l'espèce-type de ce genre *S. bowerbanki* (M.E. et H., 1851). Nous avons récolté cette dernière en place dans le Devon et donnons quelques détails sur sa structure septale. La variation et le bourgeonnement ont paru intéressants à étudier plus en détail dans l'espèce boulonnaise (**).

Famille PHILLIPASTRAEIDAE Roemer, 1883

Genre SCRUTTONIA Tcherepnina, 1974

e.p. 1885. *Phillipsastrea* - Frech, p. 44.

e.p. 1935. *Phillipsastrea* - Lang et Smith, p. 556.

e.p. 1945. *Phillipsastrea* - Smith, p. 36.

e.p. 1953. *Phillipsastraea* - Rozkowska, p. 57.

e.p. 1967. *Phillipsastraea* - Sorauf, p. 26.

e.p. 1967. *Billingsastraea* - Pickett, p. 19.

e.p. 1968. *Frechastraea* - Scrutton, p. 231.

e.p. 1974. *Billingsastraea* - Coen-Aubert, p. 28.

1974. *Scruttonia* - Tcherepnina, p. 202.

e.p. 1977. *Phillipsastraea* - Tsien, p. 202.

e.p. 1978. *Frechastraea* - Birenheide, p. 102.

1979. *Scruttonia* - Oliver et Pedder, p. 242.

1980. *Scruttonia* - Coen-Aubert, p. 2.

ESPÈCE-TYPE : *Smithia bowerbanki* Milne-Edwards et Haime, 1851, par désignation originale.

LOCUS TYPICUS : Route de Ramsleigh, East Ogwell (Sud-Ouest de Newton Abbott), Devon du Sud.

STRATUM TYPICUM : Calcaire de East Ogwell, Frasnien moyen à supérieur, probablement zone à *Polygnathus asymmetricus* (Selwood, 1977, *in* House *et al.*, d'après Riddolls, 1970).

(*) Laboratoire de Paléontologie stratigraphique, Faculté Libre des Sciences, 13, rue de Toul, 59046 Lille Cedex.

(**) Abréviations : n = nombre de septes majeurs ; d = diamètre du tabularium.

Note présentée le 2 décembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 31 mars 1982.

Diagnose : « Coraux coloniaux, astraeoïdes ou thamnastéroïdes à petits calices non bordés par un anneau. Septes de 2 ordres, également épais dans le dissépiementarium, avec des carènes en croix ou en perles. Légère muraille interne, l'épaississement des septes est mal délimité. Septes majeurs très fins dans le

tabularium, se prolongeant presque jusqu'au centre. Dissépiments très nombreux et petits, typiquement aplatis au sommet, disposés en couches horizontales. Pas de dissépiments en fer à cheval. Tabularium étroit, simple le plus souvent. Dans les grandes espèces, planchers composés avec une région axiale relevée. Trabécules disposées verticalement, à fibres très divergentes, sans trabécules secondaires, se divisant et s'inclinant en un demi-éventail seulement au bord du tabularium ».

Notes sur l'espèce-type *Smithia bowerbanki*.

Par désignation ultérieure de Soshkina, 1951, p. 89, le lectotype de l'espèce est le spécimen figuré dans M.E. et H., 1853, Pl. 55, fig. 2-2a : "Torquay, Collection Battersby". Ce spécimen n'a pas été retrouvé jusqu'ici dans ce qui reste de la collection Battersby au British Museum (Natural History) de Londres et au Musée de la Torquay Natural History Society à Torquay. Toutefois, il reste au B.M. (N.H.), deux syntypes de la coll. Battersby (n° R 983, réenregistrés sous les n° R 46372 et R 46373). Ce dernier exemplaire est figuré dans Scrutton, 1968, Pl. 12, fig. 2.

L'origine "Torquay" donnée par M.E. et H. est probablement fautive. L'étiquette actuelle indique seulement "Middle Devonian" et l'espèce n'a jamais été trouvée à Torquay. Scrutton (1968, p. 254) est bien plus près de la vérité quand il suppose qu'elle provient de Ramsleigh Quarry, près de Newton Abbott. Lui-même ne semble pas en avoir récolté. La seule mention un peu précise se trouve dans la collection Jukes-Browne (Musée de Torquay) avec "Ramsleigh, Ogwell".

J'ai trouvé cette espèce à East Ogwell, sur le bord N de la route de Ramsleigh, à 110 m environ à l'Ouest de l'entrée de la carrière abandonnée. Elle est abondante dans un lit de calcaire gris-jaune, inférieur aux bancs à *Phillipsastrea* et *Frechastraea* décrits par Scrutton (1968, p. 189) et qui affleurent dans la carrière elle-même. Elle en est séparée par au moins 25 m de calcaires et schistes en plaquettes, stériles. On peut considérer cette localité comme la localité-type.

Les colonies atteignent 20 cm de diamètre sur 3 à 5 cm de hauteur. En tous points, elles s'accordent à la description de Scrutton.

La fig. 2, Pl. X, tirée d'une de ces colonies, montre que les septes ne sont pas lisses dans le dissépimentarium mais noduleux car les trabécules sont assez larges. En coupe longitudinale, la recristallisation a trop altéré les trabécules pour qu'on y distingue encore la disposition des fibres de calcite en monacanthés ou en rhipidacanthés (Jell, 1969, p. 53). Notre opinion qu'il n'y a pas de rhipidacanthés chez *Scruttonia* est fondée sur *S. boloniensis* dont la microstructure est bien conservée, et non sur *S. bowerbanki* (voir p. 109).

Comparaison avec les genres voisins.

Phillipsastrea est proche de *Scruttonia*. Il s'en distingue par :

- 1) sa colonie plus astraeoïde (il y a souvent des fragments de muraille externe) ;
- 2) ses corallites souvent plus grands ;
- 3) son dissépimentarium très fortement relevé près du tabularium ;
- 4) ses dissépiments en fer à cheval irrégulièrement présents ;
- 5) sa muraille interne très distincte due à un net renflement en fuseau des septes, moindre dans les septes mineurs ;
- 6) ses trabécules rhipidacanthés groupées en éventail complet et à peu près symétriques ;
- 7) la minceur de ses septes dans le dissépimentarium. Ils y sont parfois épineux parce que certaines trabécules s'écartent du plan du sept, formant des carènes petites, irrégulièrement réparties d'un côté ou de l'autre de la cloison. Ceci contraste avec la régularité des "perles" de *Scruttonia*.

Frechastraea Scrutton, 1968 est pseudocéroïde. Il possède des septes un peu renflés dans la muraille interne, brutalement amincis dans le tabularium. Son dissépimentarium n'est qu'un peu relevé. Il arrive aussi, quoique rarement, que les septes deviennent noduleux ou carénés dans le dissépimentarium. Tous ces caractères se retrouvent chez *Scruttonia*. La seule différence paraît être la muraille externe qui sépare constamment les corallites les uns des autres chez *F. pentagona*, l'espèce-type. Divers auteurs n'accordent pas de valeur générique à ce caractère et placent dans *Frechastraea* les espèces ici incluses dans *Scruttonia* (Scrutton, 1968 ; Birenheide, 1978).

Espèces incluses.

En Europe, les espèces incluses sont données dans la fig. 1 avec l'âge des formations dans lesquelles on les rencontre. On n'a pas tenté une synonymie de ces formes car le plus souvent la variation qui les affecte n'est pas connue.

1^{re} groupe : *S. bowerbanki* (M.E. et H., 1851). - Devon, Belgique ; n = 10 ; d = 1 - 1,5 mm.

2^{me} groupe : *S. boloniensis minor* (Coen-Aubert, 1980) et *S. sanctacrucensis* (Rozkowska, 1953). - Belgique, Pologne ; n = 11-12 ; d = 1,5 - 2 mm.

3^{me} groupe : *S. boloniensis* (M.E. et H., 1851), *S. cordis* (Rozkowska, 1953) et *S. kunthi* (Frech, 1885). - Nord de la France, Allemagne, Pologne ; n = 11-13 ; d = 2 à 3 mm.

4^{me} groupe : *S. focantiensis* (Tsien, 1977). - Belgique ;
n = 15-16 ; d = 2 - 2,3 mm.

5^{me} groupe : *S. balconi* (Coen-Aubert, 1980). - Belgique ;
n = 14-15 ; d = 2,7 - 3,5 mm.

6^{me} groupe : *Scruttonia* ? *minima* (Rozkowska, 1953).
Sous ce nom sont groupées des petites formes avec n = 9-10 ; d = 0,8 - 1,2 mm qui représentent peut-être plusieurs espèces : les spécimens belges (Sorauf, 1967 ; Coen-Aubert, 1974) ont une muraille externe beaucoup plus continue que les spécimens anglais (Scrutton, 1968) ou polonais (Rozkowska, 1953). L'espèce a été décrite à l'origine à partir d'une seule colonie qui contient de nombreux bourgeons : sa définition gagnerait à être précisée à partir de topotypes. Elle appartient peut-être à *Frechastraea*.

Stratigraphiquement, les espèces européennes sont cantonnées à l'assise de Frasnes. Les cinq groupes ci-dessus se trouvent dans la zone à *Polygnathus*

asymmetricus et dans la zone à *Ancyrognathus triangularis*, où elles accompagnent *Hexagonaria*. *S.* ? *minima* est plus récente (zone à *Palmatolepis gigas*) et accompagne les espèces de *Frechastraea* et de " *Pseudo-acervularia* ".

En dehors de l'Europe, une espèce nouvelle a été récoltée dans le Frasnien d'Afghanistan par Mistiaen.

SCRUTTONIA BOLONIENSIS

Milne-Edwards et Haime, 1851

(Pl. IX, fig. 1 à 4 ; Pl. X, fig. 1. 3 et 4)

1851. *Smithia boloniensis* - M.E. et H., p. 423.

1872. *Smithia boloniensis* - Rigaux, p. 16.

1892. *Smithia boloniensis* - Rigaux, p. 13.

1935. *Phillipsastrea boloniensis* - Lang et Smith, p. 556, fig.-texte 12 et 13.

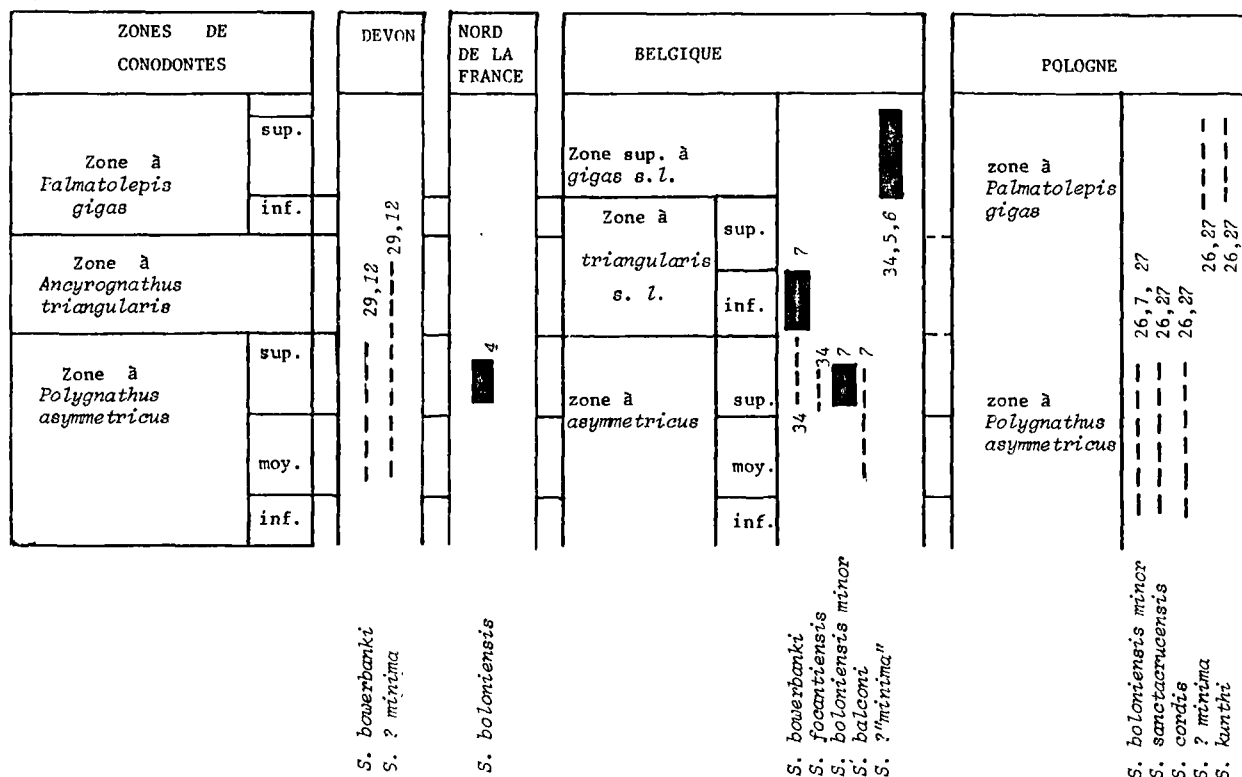


Fig. 1. — Répartition des espèces européennes de *Scruttonia*.

Les nombres renvoient aux ouvrages utilisés : en caractère droit, pour la description des espèces, en italique, pour l'âge. Quand la position vis-à-vis des zones de conodontes n'est pas précisée, on a utilisé les pointillés. Les formes allemandes ne sont pas portées sur le tableau car leur position stratigraphique doit être étudiée. En Pologne, la zone à *triangularis* n'est pas reconnue (Rozkowska, 1979, p. 11).

1945. *Phillipsastraea boloniensis* - Smith, p. 44, Pl. 25, fig. 6a-c.
1949. *Phillipsastraea boloniensis* - Stumm, Pl. 16, fig. 13-14 (copie de Lang et Smith, 1935).
1958. *Billingsastraea* sp. - Schoupe (von), p. 236, fig. 24 (copie de fig. 13 de Lang et Smith, 1945, avec erreur de grossissement).
1977. *Phillipsastrea boloniensis* - Rohart, in Brice *et al.*, p. 145.
1980. *Scruttonia boloniensis boloniensis* - Coen-Aubert, p. 7.

LECTOTYPE (choisi ici) : La colonie Z 105 b 1, coll. J. Haime, Museum Nat. d'Hist. Naturelle de Paris, avec deux lames minces et vingt pellicules sériées. L'étiquette porte "*Acervularia Davidsoni*, Ferques" mais elle a été recopiée après Milne-Edwards (cf. Rohart et Semenov-Ivan-Chansky, 1980, p. 4). Ce spécimen correspond à la description ("un seul échantillon usé, à calices régulièrement circulaires..."). Mais l'espèce n'est pas figurée et l'origine : "Collection Bouchard-Chantreaux" n'est pas mentionnée sur l'étiquette. Les polypiers de cette collection n'ont pas été retrouvés jusqu'ici, quoique certains d'entre eux se trouvent incorporés à la collection Milne-Edwards et Haime. Pour cette raison, le spécimen n'est pas considéré comme l'holotype par monotypie mais comme un lectotype.

LOCUS TYPICUS : Ferques. L'espèce a été récoltée dans plusieurs carrières ouvertes dans la "bande de Ferques" : carrières du Bois de Beaulieu, de la Parisienne, du Trou d'Eau, carrière Bouton.

STRATUM TYPICUM : Dévonien. L'espèce n'a été trouvée que dans la Formation de Ferques, membre de la Parisienne, terme d (Rohart, dans Brice *et al.*, 1978).

Autre matériel étudié : a) Nos collections à la Faculté Libre des Sciences de Lille : 20 colonies avec 20 lames et 16 pellicules, numérotées GFCL 1655 à 1674 ; b) 1 colonie avec 2 pellicules du Musée de Boulogne-sur-Mer, "Calcaire de Ferques", Coll. A.P. Dutertre.

Diagnose : « Espèce de *Scruttonia* à grands calices et septes peu épaissis, confluent et souvent carénés. Tabularium à zones axiale et périaxiale différenciées. Nombre de septes majeurs : 9 à 16, le plus souvent 13 ; diamètre moyen du tabularium : 2,3 mm ; distance entre centres : 6 à 8 mm ».

Caractères externes.

Les colonies, dont le diamètre varie de 2,5 cm à 15 cm, sont soit plates et assez épaisses (jusqu'à 5 cm de hauteur), soit le plus souvent en forme de boule ou encore de cône très large (Pl. IX, fig. 2).

L'holothèque se voit seulement dans une lame mince.

Les corallites sont régulièrement espacés, leurs centres étant éloignés de 6 mm en moyenne. La colonie est entièrement thamnasterioïde, sans aucune trace de

muraille externe entre corallites voisins. Les calices ne sont pas proéminents. Leur plate-forme, horizontale, entoure une dépression centrale à bords abrupts, profonde de 2 mm. Tous les septes sont assez épais et légèrement crénelés.

Coupe transversale.

On compte 12 à 16 septes majeurs, le plus souvent 13-14. Ils sont fréquemment tordus dans le dissépiement et passent en continuité dans le corallite voisin, souvent en changeant brutalement de direction. Les septes des deux ordres ont la même épaisseur et portent des carènes en perle ou en croix, régulièrement espacées. Au bord du calice, ils dessinent une muraille interne faible et étroite car ils s'épaississent un peu, surtout les majeurs. Ceux-ci pénètrent dans le tabularium en devenant très minces, mais ils laissent au centre un espace libre de 0,6 mm de diamètre.

Entre les septes, les traces de dissépiements sont à peu près droites, tendues entre 2 carènes mais elles deviennent irrégulières là où trois corallites voisins se rejoignent. Elles se resserrent un peu, au bord du tabularium, dont elles soulignent ainsi la limite. Dans le tabularium, les extrémités axiales des septes sont souvent réunies par les sections des planchers.

Coupe longitudinale.

Les dissépiements sont disposés en couches horizontales et ont typiquement leur sommet aplati. Ils ne deviennent un peu plus vésiculeux qu'au bord du tabularium. Il y a quelques dissépiements internes très petits et sub-verticaux. Aucune lamelle en fer à cheval.

Le tabularium a des bords bien nets et contient des planchers assez serrés (15 à 20 sur 5 mm). L'espace axial correspondant à la zone sans septes contient des plaques horizontales dont les bords s'affaissent en passant dans la région périaxiale. Là, ils deviennent concaves.

Ces planchers complets supportent deux sortes de plaques supplémentaires : des planchers axiaux, groupés en faisceaux et quelques planchers périaxiaux concaves.

Structure fine.

Les carènes dans le dissépiement sont des trabécules élargies, disposées verticalement. Entre elles, le septes peut rester très mince et sa structure trabéculaire n'est pas claire (Pl. IX, fig. 1d ; Pl. X, fig. 3b). Dans une zone étroite, proche du tabularium, les trabécules s'inclinent progressivement vers l'axe et se divisent (Pl. X, fig. 4b). Elles ne sont toutefois guère plus larges dans cette muraille interne que dans le dissépiement. Si elles paraissent plus serrées en coupe transversale dans cette région, c'est surtout parce que, devenues obliques, elles sont sectionnées sur une

plus grande distance (Pl. IX, fig. 1c). Des aspects analogues s'observent chez des coraux appartenant à des familles très différentes comme *Heliophyllum megaproliferum* Oliver (1976, Pl. 92, fig. 1 et 3) : l'inclinaison progressive des trabécules vers l'axe explique bien les différences d'aspect en coupe transversale.

Chez le genre voisin *Phillipastrea*, il en va autrement : dans la muraille interne, les septes sont épaissis en fuseau parce que les trabécules sont beaucoup plus larges et plus serrées que dans le dissépiementarium.

A l'intérieur de la trabécule, les fibres sont fortement divergentes et tendent à se grouper en bouquets (Pl. X, fig. 4b). Je n'appelle pas ces trabécules des rhipidacanthes car il n'y a pas de trabécules secondaires régulièrement espacées.

La variation.

La carination est très variable : de nulle à très forte. Les carènes ne se développent que si le septe

est mince (Pl. IX, fig. 1c). Quand il est épais, toutes les trabécules grossissent et deviennent coalescentes.

On observe régulièrement des zones d'épaississement du squelette qui correspondent à un ralentissement de la croissance en hauteur : les dissépiements et les planchers deviennent plus petits et plus serrés et les septes plus longs au centre. Cette périodicité est très nette.

12 colonies entières ou fragmentaires ont été soumises à l'analyse statistique : on a déterminé le diamètre du tabularium au dixième de millimètre près ainsi que le nombre de septes majeurs. Pour éviter de tenir compte de l'ontogénèse, les corallites dont les septes mineurs ne sont pas tous présents ont été éliminés. Les méthodes utilisées sont celles décrites par Oliver.

La variation intracoloniale est faible (fig. 2 et 3). Le coefficient de variation pour le nombre de septes majeurs est en moyenne de 7,3 %. Les petites colonies paraissent avoir un nombre moyen de septes plus

Numéro de la colonie	N	Nombre de septes majeurs n				Diamètre du tabularium d				Corrélation		D
		\bar{n}	VE _n	S _n	V _n	\bar{d}	VE _d	S _d	V _d	r	P	
GFCL 1657	35	11,5	10-14	1,0	8,4	1,77	1,4-2,1	0,16	9,3	0,55	<0,01	>10
Lectotype	29	12,3	11-14	0,7	5,7	2,37	1,9-2,7	0,15	6,3	0,26	>0,1	4,5
I 2	30	12,8	9-15	1,4	10,9	1,98	1,3-2,4	0,23	11,4	0,77	<0,01	5
GFCL 1666	51	12,8	10-16	1,1	9,0	2,48	1,8-3	0,33	13,2	0,55	<0,01	>9
GFCL 1670	108	12,9	10-15	0,2	7,7	2,26	1,6-2,7	0,94	41,5	0,49	<0,01	12
GFCL 1668	45	13,0	11-15	1,0	7,6	2,34	2-2,9	0,17	7,4	0,45	<0,01	>8
GFCL 1672	27	13,1	11-15	0,9	6,7	2,19	1,5-2,5	0,26	12,1	0,51	<0,01	>10
GFCL 1659	27	13,1	11-15	1,0	7,4	2,08	1,5-2,5	0,23	10,9	0,38	0,05	15
GFCL 1660	26	13,2	12-14	0,7	5,3	2,48	2,1-2,8	0,19	7,9	0,51	<0,01	15
GFCL 1674	35	13,5	12-15	0,8	6,2	2,51	2,2-2,8	0,15	6,0	0,72	<0,01	12
GFCL 1656	38	13,7	12-16	0,8	5,5	2,27	2-2,6	0,13	5,8	0,40	<0,02	>13
GFCL 1658	43	14	11-16	1,1	7,5	2,49	1,6-3	0,25	10,1	0,22	0,1	9
Variation inter-colonies	12	13	11,2 14	0,6	4,6	2,77	1,77 2,49	0,22	9,7	0,64	0,02	

Fig. 2. — Tableau de variation.

Variation intracoloniale : N : effectif. — n : nombre de septes majeurs. — d : diamètre du tabularium en mm. — Pour chaque caractère x, \bar{x} : valeur moyenne. — Sx : écart-type. — Vx : coefficient de variation. — VEx : valeurs extrêmes observées. — r : coefficient de corrélation entre n et d. — P : probabilité associée à r (par ex. : P > 0,1 : r n'est pas significatif au seuil de 10 % ; P < 0,01 : r est significatif au seuil de 1 % ou mieux). — D : diamètre de la colonie en cm. Les colonies sont rangées dans l'ordre croissant des n.

Variation intercoloniale : Les calculs sont faits à partir de \bar{n} et de \bar{x} de chaque colonie.

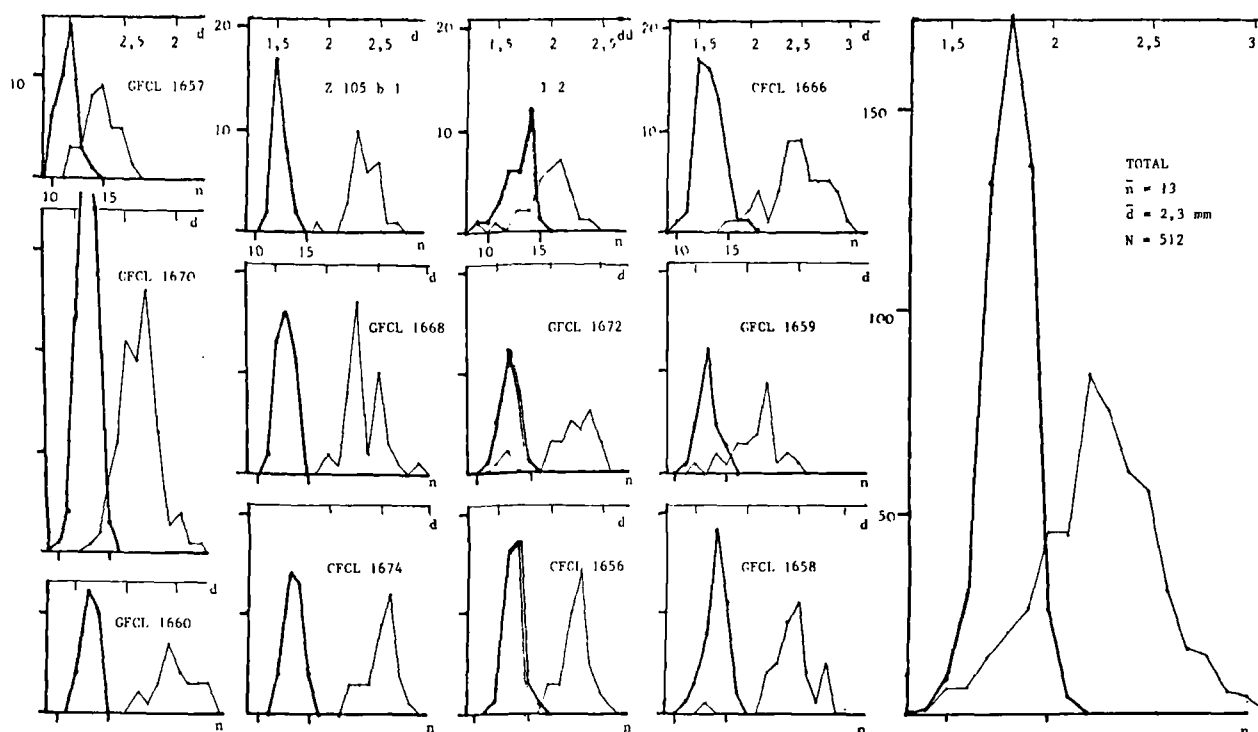


Fig. 3. — Courbes de fréquence pour x et pour d.

petit que les grandes : les corallites bourgeonneraient plus précocement au début du développement de la colonie.

Le coefficient de variation pour le diamètre du tabularium est nettement plus élevé : 11,7 % en moyenne, jusqu'à 41,5 % pour la colonie GFCL 1670 mais celle-ci a une forme très irrégulière (fig. 4) et possède deux foyers de gemmation intense : 1) la zone centrale de la colonie avec les premiers corallites qui bourgeonnent avant d'avoir atteint la taille "adulte"; 2) une région externe où la croissance de la colonie reprend après une période d'interruption causée peut-être par une sédimentation trop rapide ou par un prédateur. Cette coupe ne montre donc que très peu de corallites "mûrs".

En général, le diamètre du tabularium est moins étroitement contrôlé que le nombre de septes majeurs. Les mêmes conclusions ont été tirées par Oliver (1976, p. 33) et s'observent dans le tableau de résultats de Scrutton (1968, p. 202). Cela n'est pas dû à l'ontogénèse car on n'a pas mesuré les bourgeons. D'ailleurs, les coupes en long montrent que le tabularium a un diamètre uniforme sur la hauteur d'un corallite. Il s'agit bien d'une variation individuelle, liée en particulier à la position du corallite dans la colonie : dans les régions de croissance active, les corallites restent plus petits.

La variation intercoloniale (fig. 5) est faible dans l'ensemble. Les colonies ont toutes été prélevées dans un banc de 2 m d'épaisseur, de lithologie homogène. La variation du milieu ou l'évolution stratigraphique n'ont donc pu se manifester. A nouveau, le diamètre du tabularium varie plus que le nombre de septes majeurs.

Gemmation.

Description. — On a pu suivre en sections sériées l'apparition de deux bourgeons voisins (fig. 6 ; Pl. IX, fig. 1e). Elle est si rapide qu'il est impossible d'utiliser les stades décrits par Fedorowski et Jull (1976, p. 42). 20 pellicules et une lame ont été prises sur une hauteur de 1,5 mm.

L'un des septes parentaux se modifie : ses carènes s'épaississent, s'allongent et se placent selon les rayons du bourgeon. Le septé voisin, qui jusque-là réunissait deux corallites proches cesse de croître et paraît se rompre au milieu, laissant entre ses extrémités un espace qui sera la future chambre du polype (D, fig. 6). Ce septé la partage en deux. Le fond est occupé par des éléments horizontaux sur lesquels les septes reposent. La technique des pellicules ne permet pas de toujours bien différencier ceux-ci de ceux-là.

Les néoseptes apparaîtront sur les carènes élargies signalées plus haut, sous forme de minces plaques

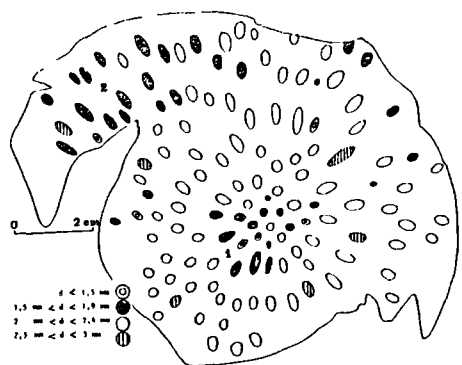


Fig. 4. — GFCL 1670.

Schéma montrant la répartition des corallites, d'après le diamètre du tabularium d. Les petits corallites et les bourgeons sont groupés dans deux régions 1 et 2 (voir p. 110).

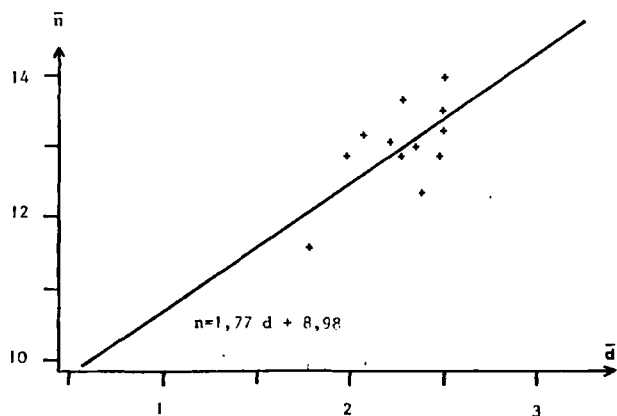


Fig. 5. — Variation intercoloniale.

Corrélation entre x et d pour les 12 colonies. avec la droite de régression linéaire.

dirigées vers l'axe (D, fig. 6 en haut et G, fig. 6 en bas). Puis ils se mettent en place de l'autre côté. On peut observer, quand leur cercle est complet, une légère symétrie bilatérale : dans le bourgeon en haut de H, fig. 6 et de la Pl. IX, fig. 1e, le premier méta-septe apparu paraît occuper la position de septe cardinal.

L'élargissement du bourgeon se fait par incorporation des septes parentaux voisins (jusqu'à 8 dans le bourgeon inférieur de I, fig. 6). Leurs trabécules se dissocient, s'élargissent et forment les néoseptes.

La mise en place des septes mineurs n'a pas pu être suivie car la préparation de la lame mince a détruit 0,6 mm de matière. La pellicule suivante

(I, fig. 6) montre des bourgeons complets avec les 2 ordres de septes (2×11 septes et 2×13 septes pour $d = 2$ mm). Ils ne se distinguent de l'adulte que par leurs plus petites dimensions et leurs septes un peu plus longs au centre.

Comparaison avec les travaux antérieurs.

Peu d'espèces astraéoides ou thamnastéroïdes ont fait l'objet d'études sur le bourgeonnement : *Pachyphyllum* cf. *macouni* (Rozkowska, 1953, p. 42), *Phillipsastraea sanctacrucensis* (Rozkowska, 1953, p. 60), *Billingsastraea speciosa* (Strusz, 1965, p. 551) et *Lonsdaleiastraea biseptata* (Fedorowski, 1965, p. 137). Nos observations rejoignent ou complètent celles de ces auteurs sur les points suivants :

— la croissance du bourgeon est très rapide : le diamètre du tabularium passe de 0 à 1,5 mm sur une hauteur de 0,4 mm ou de 0,2 mm selon le bourgeon ;

— les septes parentaux participent à la formation des néo-septes : leurs carènes ou leurs centres trabéculaires en sont le point de départ.

Relations avec les corallites voisins.

Je n'ai pas pu reconnaître un calice parental. Chez *Pachyphyllum* cf. *macouni*, Rozkowska (1953, p. 43) a observé que " du côté maternel, les septes apparaissent en dernier lieu ". Sa fig. 25 ne montre pas ce phénomène. Ici aussi, l'un des côtés du bourgeon se développe plus vite que l'autre mais c'est tantôt le côté proche des corallites voisins (bourgeon du haut de la fig. 6), tantôt le côté éloigné (bourgeon du bas de la fig. 6). Le bourgeon ne paraît pas dépendre d'un seul corallite parent.

A aucun moment, il n'est séparé des polypes voisins par une muraille (ni " partition wall ", ni " dividing wall " - termes de Fedorowski et Jull, 1976, p. 41).

Le terme de *bourgeonnement intercalicinal* (Rozkowska, 1953, p. 60) conviendrait pour décrire ce processus dans lequel plusieurs corallites voisins participent plus ou moins également à la formation du bourgeon. Il faut rejeter le terme de *bourgeonnement intermural* parce qu'il suppose que le bourgeon se forme entre les parents et non à partir d'eux (Oliver, 1958, p. 20). En outre, il n'y a pas ici de muraille entre corallites ! Spassky et Kravtsov parlent de *bourgeonnement interseptale* (1974, p. 166).

Insertion septale.

Nous avons noté plus haut des indices de symétrie et de polarité dans la formation des néo-septes. On ne peut toutefois reconnaître clairement le septe cardinal car plusieurs septes apparaissent quasi simultanément. On est plus fondé à parler de secteurs cardinaux pour la partie du bourgeon adossée au septe parental le premier modifié : car c'est là que se forment les premiers septes. Le plan de symétrie du bourgeon est conservé assez longtemps.

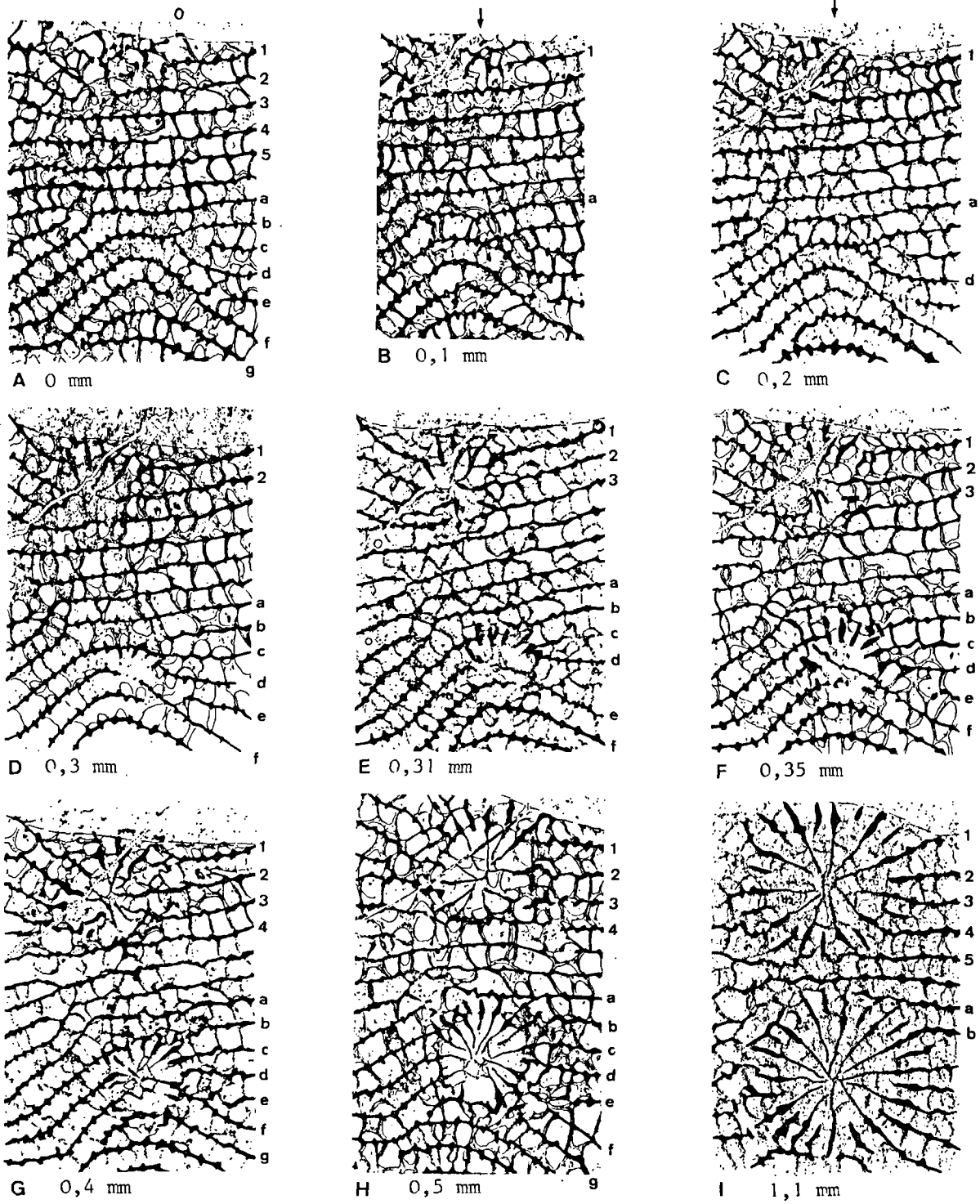


Fig. 6.

Espèces voisines.

S. cordis (Rozkowska, 1953) a les mêmes dimensions que *S. boloniensis* mais ses septes sont interrompus à la périphérie et les dissépiments internes sont plus grands et plus nombreux. *S. focantiensis* (Tsien, 1977) ne se distingue de notre espèce que par ses septes nettement plus nombreux. *S. boloniensis minor* Coen-Aubert, 1980, outre ses dimensions un peu plus faibles, a des septes moins confluent et un tabularium plus simple.

Remerciements. — Il m'est agréable de remercier les personnes et les institutions suivantes, qui m'ont accueilli ou m'ont permis d'étudier les collections confiées à leurs soins : M. B.V. Cooper, conservateur du Musée de la Société d'Histoire Naturelle de Torquay ; Dr B.R. Rosen, M. D. Wise et Miss J. Darrell, du British Museum (Natural History) ; Dr R. Savage, du Musée de l'Université de Bristol (Collection St-Smith) ; M. P. Semenoff-Tian-Chansky, du Museum National d'Histoire Naturelle de Paris ; M. A. Vadet, conservateur adjoint du Musée de Boulogne-sur-Mer ; M^{lle} D. Brice et M. B. Mistiaen, Faculté Libre des Sciences, Lille.

* * *

Fig. 6. — Usures sériées dans deux bourgeons en formation de *Scruttonia boloniensis*, lectotype Z 105b 1. Gr. = 9. Photographies de pellicules, avec surcharge sur les éléments septaux. Les distances sont en mm à partir de la fig. A. La figure est limitée en haut par une veine de calcite.

- A. Pellicule E 12. - Les septes 0 et 1 sont fragmentés.
- B. Pellicule E 13. - Deux fragments de 0 et 1 s'unissent pour former le premier protosepte = s. cardinal ?
- C. Pellicule E 14. - Les ébauches septales se forment dans le secteur cardinal à partir des carènes dissociées et allongées des septes 0 et 1. Dans le septes d, certaines carènes s'allongent.
- D. Pellicule E 16. - Le septes 2 s'interrompt. Le septes c a des carènes longues, en disposition radiaire ; le septes f s'interrompt.
- E. Pellicule E 17. - Dans le bourgeon inférieur, les carènes du septes d sont les ébauches des septes.
- F. Pellicule E 18. - Le septes 3 s'interrompt à son tour. Quelques éléments septaux épais dans le bourgeon supérieur.
- G. Pellicule E 19. - Dans le bourgeon supérieur, le septes 4 est épaissi irrégulièrement. Dans le bourgeon inférieur, des néoseptes minces apparaissent sur les carènes.
- H. Lame mince. - Dans le bourgeon supérieur, les septes sont unis au centre et disposés autour d'un plan de symétrie.
- I. Pellicule E 20. - L'insertion des septes mineurs est effectuée.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BIRENHEIDE R. (1978). — Rugose Korallen des Devon. In: Gurich G., Leitfossilien. 2^e édition (Krommelbein K., ed.). VI + 265 p., 119 fig., 2 tabl., 21 pl. Berlin - Stuttgart.
- 2) BRICE D., BIGEY F., MISTIAEN B., PONCET J., ROHART J.Cl. (1977). — Les organismes constructeurs (Algues, Stromatopores, Rugueux, Tabulés, Bryozoaires) dans le Dévonien de Ferques (Boulonnais - France). Associations, répartition stratigraphique. 2^e Symp. Intern. sur les coraux et récifs coralliens fossiles. *Mém. B.R.G.M.*, 89, p. 136-151.
- 3) BRICE D., COLBEAUX J.P., MISTIAEN B. et ROHART J.Cl. (1978). — Les Formations dévoniennes de Ferques (Bas-Boulonnais, France). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCVIII, p. 307-324.
- 4) BRICE D., COEN M., LOBOZIAK S. et STREEL M. (1980). — Précisions biostratigraphiques relatives au Dévonien supérieur de Ferques (Boulonnais). *Ann. Soc. géol. Nord*, t. C, p. 159-166.
- 5) COEN-AUBERT M. (1974). — Représentants des genres *Phillipsastrea* d'Orbigny, 1849, *Billingsastraea* Grabau, 1917 et *lowaphyllum* Stumm, 1949, du Frasnien du Massif de la Vesdre et de la bordure orientale du bassin de Dinant. *Bull. Inst. r. Sc. nat. Belgique*, 49, (Sc. de la Terre), (8), 38 p., 8 pl.
- 6) COEN-AUBERT M. (1977). — Distribution stratigraphique des rugueux massifs du Givétien et du Frasnien de la Belgique. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCVII, p. 49-56.
- 7) COEN-AUBERT M. (1980). — Représentants frasnien du genre *Scruttonia* Tcherepnina, 1974 (Rugosa) en Belgique. *Bull. Inst. r. Sc. nat. Belgique*, 51, (4), p. 1-15, 2 pl.
- 8) FEDOROWSKI J. (1965). — Lower Permian Tetracoralia of Hornsund, Vestspitsbergen. *Studia geologica polonica*, 17, p. 1-173, 61 fig., 15 pl.
- 9) FEDOROWSKI J. et JULL R.K. (1976). — Review of blastogeny in Palaeozoic corals and description of lateral increase in some Upper Ordovician rugose corals. *Acta Palaeont. Po'* 21, (1), p. 37-38, Pl. 8-15.
- 10) FRECH F. (1885). — Die Korallenfauna des Oberdevons in Deutschland. *J. dt. geol. Ges.*, 37, p. 21-130, 11 pl., Berlin.
- 11) JELL J.S. (1969). — Septal Microstructure and Classification of the Phillipsastraeidae. In: Campbell K.S.W. (ed.): Strat. and Pal.: Essays in Honour of Dorothy Hill. Canberra; *Austr. Nat. Univ. Press*, p. 50-73, Pl. 7-8, 6 fig.-text.
- 12) HOUSE M., RICHARDSON J., CHALONER W., ALLEN J., HOLLAND C., WESTOLL T. (1977). — A Correlation of the Devonian rocks in the British Isles. *Geol. Soc.*, Special report, 8, 110 p.
- 13) HOUSE M. et ZIEGLER W. (1977). — The Goniatite and Conodont sequences in the early upper Devonian at Adorf, Germany. *Geologica et Palaeontologica*, Marburg, 11, p. 69-108, 6 pl.
- 14) LANG W.D. et SMITH S. (1935). — *Cyathophyllum caespitosum* Goldfuss and other devonian corals considered in a revision of that species. *Quart. J. geol. Soc. London*, 91, p. 538-590, Pl. 35-37.
- 15) MILNE-EDWARDS H. et HAIME J. (1851). — Monographie des Polyptiers fossiles des Terrains paléozoïques. *Arch. Mus. Hist. Nat.*, Paris, 5, 502 p., 20 pl.
- 16) MILNE-EDWARDS H. et HAIME J. (1853). — A Monograph of the British Fossil Corals. Part. IV, Corals from the Devonian Formation. *Palaeontogr. Soc. London*, 7, p. 211-244, Pl. 47-56.
- 17) OLIVER W.A. (1968). — Some aspects of colony development in Corals. *Mem. Paleont. Soc.*, 2, p. 16-34.
- 18) OLIVER W.A. (1976). — Noncystimorph Colonial Rugose Corals of the Onesquethaw and Lower Cazenovia Stages (Lower and Middle Devonian) in New-York and Adjacent Areas. *Geological Survey Professional Paper*, 869, p. 1-156, 46 tabl. Pl. 1-108.
- 19) OLIVER W.A. et PEDDER A.E.H. (1979). — Rugose corals in Devonian stratigraphical correlation. *The Devonian System*, Special Papers in Palaeontology, 23. Londres, p. 233-248, 1 tabl.
- 20) PICKETT J. (1967). — Untersuchungen zur Familie Phillipsastreidae (Zoantharia rugosa). *Senckenbergiana iethaea*, 48, p. 1-89, 19 fig., 7 pl.
- 21) RIDDOLLS B.W. (1970). — Devonian and Carboniferous geology south and west of Newton Abbot, Devon. X + 226 p. Ph. D. Thesis, Exeter. (Non vu).
- 22) RIGAUX E. (1872). — Notes pour servir à la géologie du Boulonnais. *Mem. Soc. Acad. Boulogne*, 5, p. 1-27.
- 23) RIGAUX E. (1892). — Notice géologique sur le Bas-Boulonnais. *Mém. Soc. Acad. Boulogne*, 14, 108 p. in-8°.
- 24) ROEMER F.A. (1843). — Die Versteinerungen des Harzgebirges. XX + 40 p., 12 pl., Hannover.
- 25) ROHART J.Cl. et SEMENOFF-TIAN-CHANSKY P. (1981). — Description des types de *Hexagonaria davidsoni* (Milne-Edwards et Haime) et de "*Pseudo-acervularia*" *profunda* (Michelin), Tétracoralliaires du Dévonien du Boulonnais. *Bull. Mus. nat. Hist. nat.*, Paris, 4^e sér., 3, section C, 1, p. 3-29, 5 pl.
- 26) ROZKOWSKA M. (1953). — *Pachyphyllinae* et *Phillipsastraea* du Frasnien de Pologne (*Pachyphyllinae* et *Phillipsastraea* z franu Polski). *Palaeont. Polonica*, 5, 89 p., 8 pl., 2 tabl.
- 27) ROZKOWSKA M. (1979). — Contribution to the Frasnian tetracorals from Poland. *Palaeont. Polonica*, 40, 56 p., 10 pl.
- 28) SCRUTTON C.T. (1968). — Colonial Phillipsastraeidae from the Devonian of South-East Devon, England. *Bull. Br. Mus. nat. Hist.*, Londres, vol. 15, 5, p. 183-281, 15 tabl., 18 pl.
- 29) SCRUTTON C.T. (1977). — Facies variation in the Devonian Limestones of Eastern South Devon. *Geol. Mag.*, 114, (3), p. 165-193. Pl. 1-5.

- 30) SMITH St. (1945). — Upper Devonian corals of the Mackenzie River Region Canada. *Sp. Pap. geol. Soc. Amer.*, New-York, 59, 126 p., 35 pl.
- 31) SORAUF J.E. (1967). — Massive Devonian Rugosa of Belgium. *Palaeont. Contr. Univ. Kansas*, Paper 16, p. 1-41.
- 32) SPASSKY N. Ya. et KRAVTSOV A.G. (1974). — Budding types of Tetracorals. In Sokolov B.S., ed.: *Drevnie Cnidaria*, 1, *Tr. Inst. Geol. Geofiz.*, 201, p. 166-169, 10 pl., 2 tabl.
- 33) STRUSZ D.L. (1965). — Disphyllidae and Phacellophyllidae from the Devonian Garra formation of New South Wales. *Palaeontology*, 8, (3), p. 518-571, Pl. 72-78.
- 34) TCHEREPNINA V.K. (1974). — K Sistematičke Podotrjada Phillipsastraeina A. Schoupe, 1958. In Sokolov B.S., ed.: *Drevnie Cnidaria*, 1, *Tr. Inst. Geol. Geofiz.*, 201, p. 198-204, 5 tabl.
- 35) TSIEN H.H. (1977). — Rugosa Massif du Dévonien de la Belgique. *Mem. Inst. Geol. Univ. Louvain*, 29, p. 197-229, 3 pl. 2 tabl.

EXPLICATION DES PLANCHES

L'espèce représentée est *Scruttonia boloniensis*, sauf sur la fig. 2. Pl. X. Les spécimens proviennent de la Formation de Ferques, membre de la Parisienne, Frasnien moyen, zone supérieure à *Polygnathus asymmetricus*.

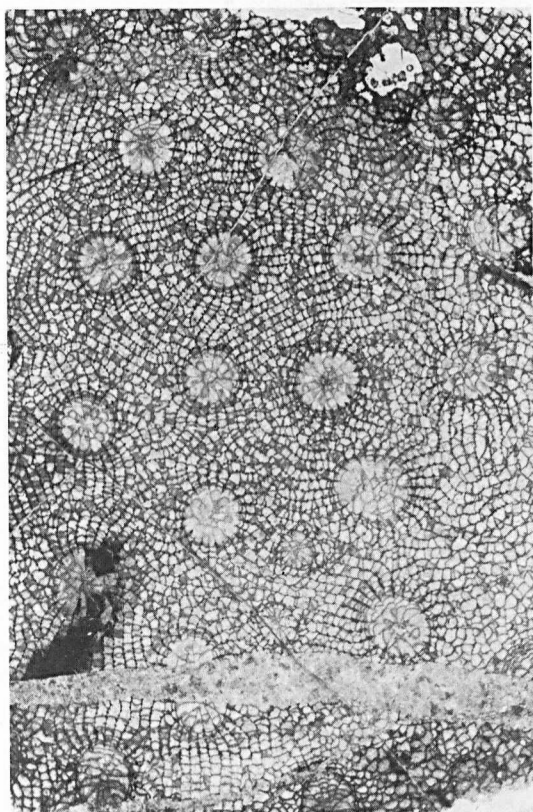
PLANCHE IX

- Fig. 1a. — Lectotype Z 105b 1, Collection Milne-Edwards et Haime. Coupe transversale. Gr. = 3. Les deux bourgeons, dont la formation a été suivie dans la fig. 6, se trouvent au-dessus de la veine de calcite.
- Fig. 1b. — Même échantillon. Coupe en long. Gr. = 3.
- Fig. 1c. — Même échantillon. Section transversale de deux calices, pour montrer les septes finement carénés et la très faible muraille interne. Gr. = 6.
- Fig. 1d. — Même échantillon. Détail des septes en section transversale; les carènes sont des trabécules. Gr. = 16.
- Fig. 1e. — Même échantillon. Détail de la lame transversale, montrant les bourgeons (voir aussi H, fig. 6 inversée).
- Fig. 2. — GFCL 1655, vue externe. Gr. nat. Carrière Bouton, Ferques.
- Fig. 3. — GFCL 1656, coupe transversale. Gr. = 3. Septes à peu près lisses. Carrière du Bois de Beaulieu, Ferques.
- Fig. 4a. — GFCL 1657, Carrière de la Parisienne, Ferques. Gr. = 3. Coupe transversale, colonie à calices petits et serrés.

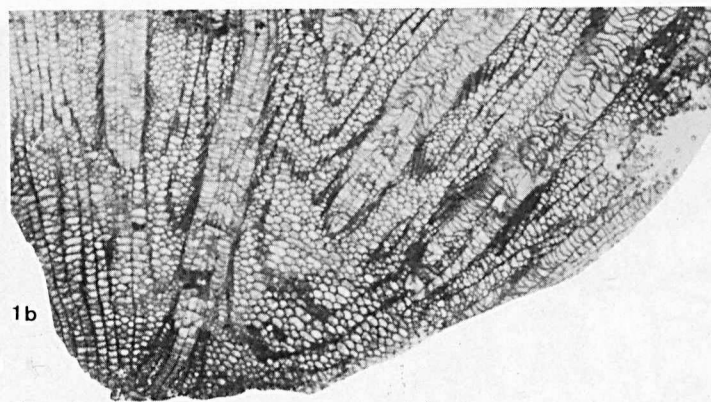
- Fig. 4b. — Même échantillon. Coupe en long; le corallite de gauche montre son calice profond, empâté.

PLANCHE X

- Fig. 1a. — GFCL 1658. Carrière abandonnée dans le Bois de Beaulieu, Ferques. Coupe transversale. Gr. = 3. Les zones à squelette épaissi sont suivies d'une nouvelle couche de corallites (phénomène saisonnier? annuel?).
- Fig. 1b. — Même échantillon. Coupe en long. Gr. = 3.
- Fig. 1c. — Même échantillon. Détail de la précédente. Gr. = 20. Section des trabécules élargies d'un septe dans le dissépimentarium.
- Fig. 2. — *Scruttonia bowerbanki* (M.-E. et H., 1851). GFCL 1675. Route de Ramsleigh, East Oghwell, près de Newton Abbott (Sud Devon); Calcaire de East Oghwell, Frasnien (topotype probable, voir p. 106). Coupe transversale. Gr. = 9. Septes noduleux dans le dissépimentarium.
- Fig. 3a. — GFCL 1659. Carrière de la Parisienne, Ferques. lame transversale b. Gr. = 6. Spécimen à septes minces.
- Fig. 3b. — Même échantillon. Détail de la lame transversale c (Gr. = 16), avec les centres trabéculaires dans les septes.
- Fig. 4a. — GFCL 1660. Carrière du Bois de Beaulieu, Ferques. Coupe en long. Gr. = 3.
- Fig. 4b. — Même échantillon. Détail d'un autre corallite de la même lame, avec son demi-éventail et ses trabécules à fibres très divergentes. Gr. = 32.

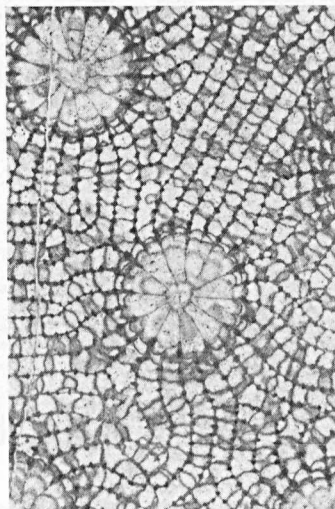


1a

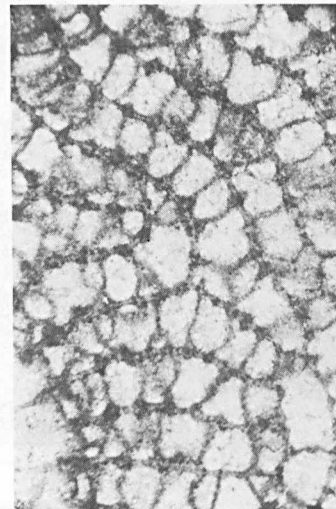


1b

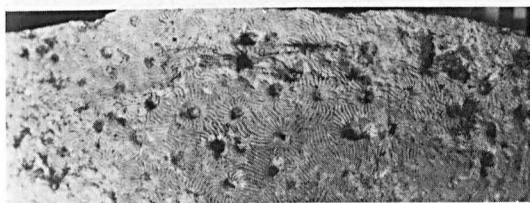
1c



1d

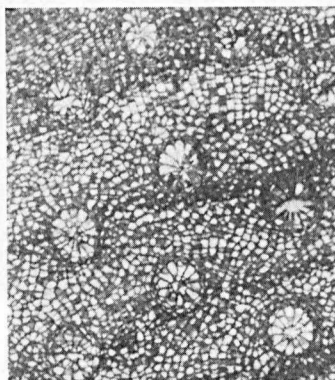
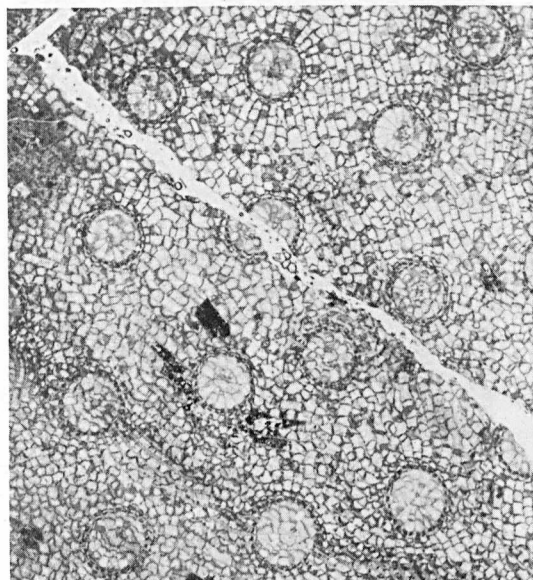


1e



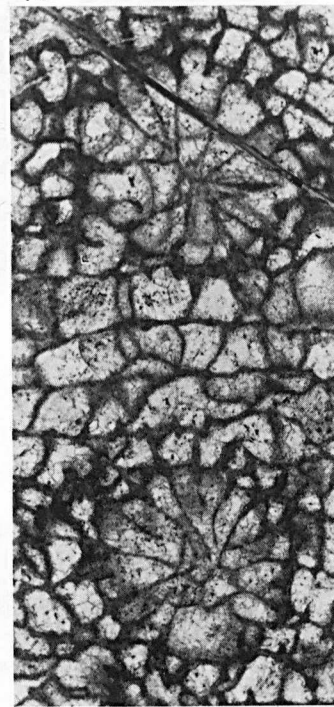
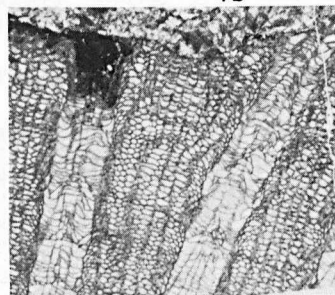
2

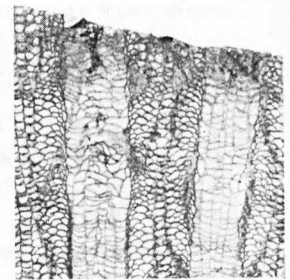
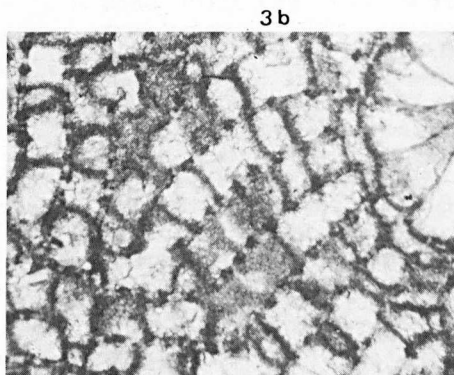
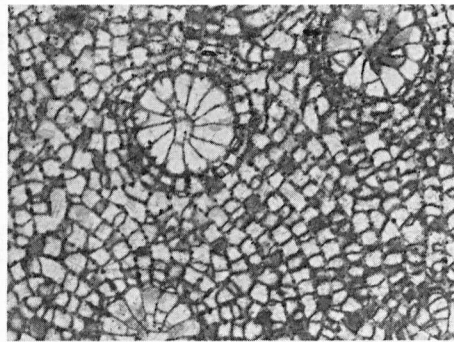
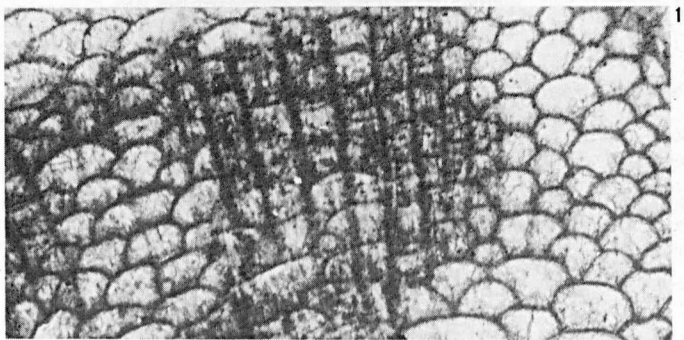
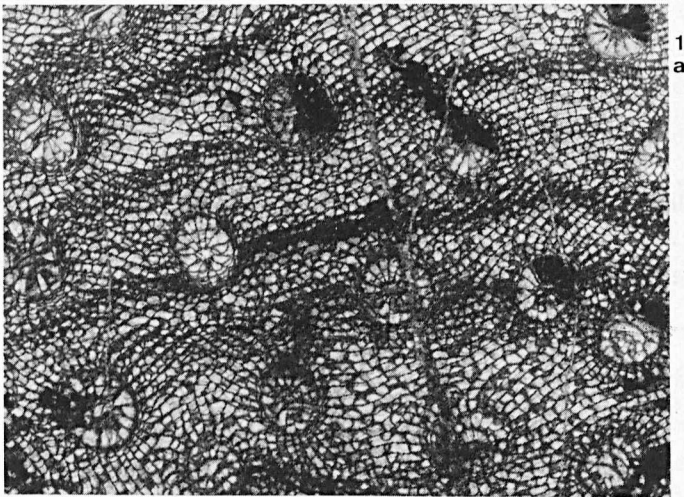
3



4a

4b





Structures anciennes transverses dans le bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais

par J.F. BECQ-GIRAUDON (*), J.P. COLBEAUX (**) et J. LEPLAT (***)

Résumé. — L'étude de la carte des zones stratigraphiques à la cote — 300 du Bassin Houiller du Nord - Pas-de-Calais conduit les auteurs à envisager l'existence de structures transverses (N 20° - 40°) d'âges anté-namurien et post-westphalien.

Abstract. — The study of the geological map of the Nord - Pas-de-Calais coal basin permits the authors to consider the existence of transversal structures (N 20° - 40°), dated as pre-namurian and post-westphalian.

Un examen d'Ouest en Est de la carte des zones stratigraphiques à la cote — 300 du bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais (synclinorium de Namur, para-autochtone) permet de mettre en évidence des structures transversales, d'orientation sensiblement N-S, moins bien individualisées que les structures longitudinales classiques d'orientation W-E.

I. — LES GRANDES ENTITES NATURELLES DU BASSIN

On distingue : une entité occidentale, dite de Béthune-Lens, une entité orientale, dite de Valenciennes.

1) L'entité de Béthune-Lens.

Elle est caractérisée par :

- une intense tectonisation de la série par des failles sub-verticales de direction principalement N 110°-130° ;
- des plis de direction axiale N 100°-110° ;
- une stampe totale plus réduite que dans l'entité orientale (****) mais où le Westphalien (C, D) est très bien représenté ;
- un très petit nombre de puits naturels.

(*) B.R.G.M., Orléans.

(**) U.E.R., Sciences de la Terre, Lille I.

(***) B.R.G.M., Lezennes.

Note présentée le 7 Janvier 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 2 Décembre 1981.

(****) Globalement, la stampe totale décroît d'Est en Ouest.

2) L'entité de Valenciennes.

Cette entité, qui se poursuit largement en Belgique, présente :

- une structuration en écaïlles tectoniques à pente sud, avec beaucoup moins de failles subverticales que dans l'entité ouest ;
- des plis dont les traces des plans axiaux sont orientés N 50°-70° ;
- une stampe totale plus épaisse que dans l'entité occidentale ;
- un nombre très élevé de puits naturels de toutes dimensions (de l'ordre de 200 recensés à ce jour).

II. — MISE EN EVIDENCE D'UNE STRUCTURE TRANSVERSE DE MARCHIENNES

1) Séparation des entités occidentale et orientale.

Les deux entités précédemment définies sont séparées par une zone connue depuis longtemps sous le nom d'« anticlinal » de Marchiennes (Pruvost et Bertrand, 1932). Cette zone marque une limite très nette dans le bassin : à l'Est commence la grande dépression de la Vallée de la Haine (Delmer, 1972 et 1977 ; Dejonghe *et al.*, 1976) ; de même qu'en Belgique, la présence de niveaux à évaporites dans les formations antérieures au Namuro-Westphalien est attestée, d'une part, par la présence dans cette région, d'eaux sursulfatées, l'exemple le plus spectaculaire étant celui des eaux de Saint-Amand-les-Eaux (Nord) (Bernard, Bosch, Caulier, 1980), d'autre part, par l'abondance des puits naturels (apparemment, ceux-ci sont localisés dans le Nord du Bassin).

2) Signification de la structure de Marchiennes.

Sous l'entité de Valenciennes doivent exister de grandes accumulations d'évaporites qui marquent le prolongement en territoire français de la dépression de la vallée de la Haine. Or, une fois franchi l'« anticlinal » de Marchiennes, dans l'entité de Béthune-Lens, les puits naturels et les eaux sursulfatées disparaissent quasiment.

L'« anticlinal » de Marchiennes serait donc une sorte de paléorelief qui constituerait la limite occidentale de la dépression de la vallée de la Haine.

3) Influence de cette structure sur l'histoire géologique régionale.

Ce relief, que nous appellerons haut-fond de Marchiennes, le terme d'anticlinal nous paraissant mal adapté, a joué comme tel à l'époque hercynienne.

a) Histoire hercynienne.

Au cours de la sédimentation houillère, le haut-fond de Marchiennes correspond à une zone de moindre subsidence comme le montre par exemple l'évolution de l'Assise de Vicoigne (Westphalien A) dans l'entité de Valenciennes : les dix couches de charbon exploitables présentes au voisinage de la frontière belge se réduisent à la fosse Hcurteau, située sur le haut-fond de Mar-

chiennes, à trois couches de charbon terreux inexploitable. Cette structure influence également la tectonique tangentielle hercynienne : en poinçonnant le synclorium de Dinant lors de son avancée vers le Nord elle provoque la virgation de la Grande Faille du Midi et induit le dispositif en écailles de l'entité orientale.

b) Histoire post-hercynienne.

Après l'orogénèse hercynienne, la région reste profondément marquée par le haut-fond de Marchiennes. La carte de la surface du Paléozoïque (fig. 1) en fournit un excellent exemple : le Crétacé s'est déposé dans une succession de cuves directement héritées de l'histoire paléozoïque, montrant le contrôle de la géologie régionale post-hercynienne par des structures anciennes comme le suggérait l'étude à plus grande échelle de Colbeaux *et al.* (1977).

III. — STRUCTURES SIMILAIRES PRESENTES DANS LE BASSIN

La description d'une structure du type du haut-fond de Marchiennes amène à se poser trois questions :

- Y a-t-il des structures similaires dans le Bassin charbonnier ?
- Présentent-elles une même orientation ?
- Quelle est leur signification ?

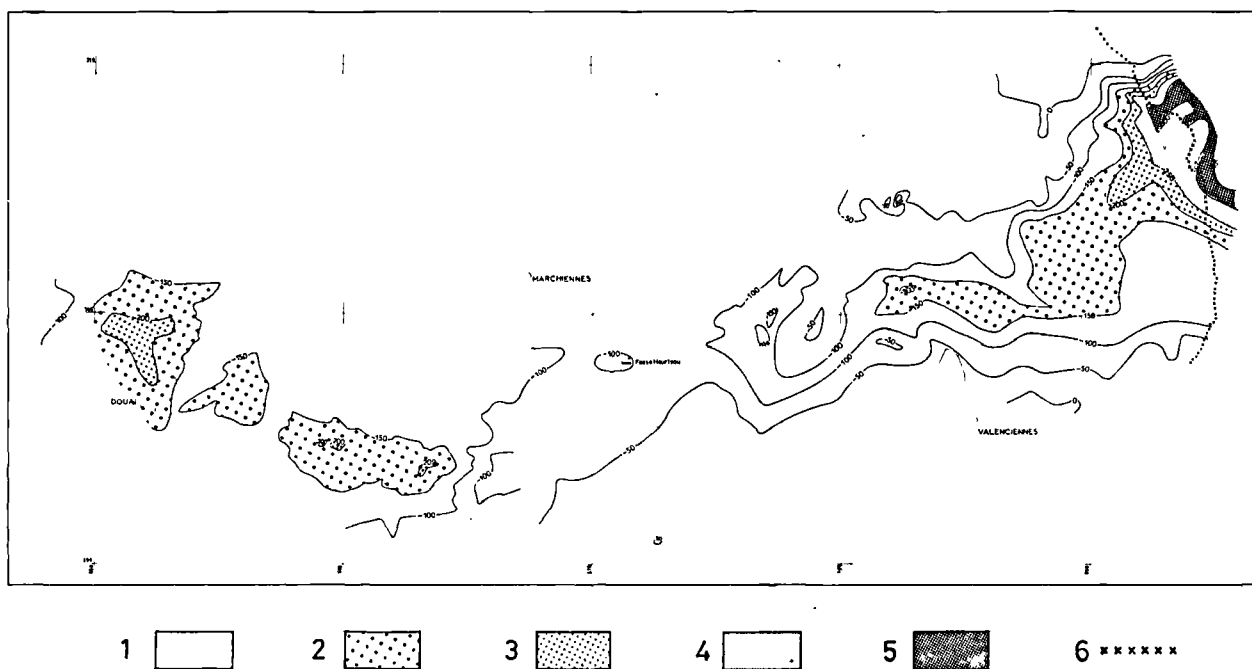


Fig. 1. — Surface du Primaire dans l'entité orientale du Bassin Houiller du Nord et du Pas-de-Calais. 1, altitude supérieure à — 150 m. — 2, entre — 150 et — 200 m. — 3, entre — 200 et — 250 m. — 4, entre — 250 et — 300 m. — 5, inférieure à — 300 m. — 6, frontière belge.

1) Autres structures similaires.

L'examen de la carte des zones stratigraphiques à la cote — 300 (éch. : 1/50.000) et de certaines cartes géophysiques (C.F.P., COPESEP, R.A.P., S.N.P.A., 1965) permet effectivement de découvrir des structures analogues. C'est ainsi que nous avons d'Est en Ouest (fig. 2) :

— l'« anticlinorium d'Oignies », de direction générale N 20°, qui délimite avec le haut-fond de Marchiennes la « Cuvette de Douai » ;

— l'« anticlinal Poil d'Ours », relayé au Sud par l'« anticlinal de Lens », de direction générale N 50°-60°, qui délimite avec l'« anticlinorium d'Oignies » la « cuvette de Lens » ;

— plusieurs axes anticlinaux de direction générale N 30° à la hauteur de Bully-Grenay.

Vers l'Ouest, le bassin se complète par la « cuvette de Béthune », dont la terminaison occidentale mérite une étude plus détaillée.

2) La terminaison occidentale du bassin.

Malgré l'extrême complexité structurale que présente ce secteur du fait des failles épicrotécées de l'Artois (Gosselet, 1908), trois faits importants méritent d'être soulignés :

— la stampe totale du bassin diminue d'Est en Ouest, comme nous l'avons noté précédemment ; ainsi par exemple, le Namurien passe de 700 m d'épaisseur vers l'Est à 65 m du côté de Ligny-les-Aires (Tabl. I) ;

— les formations de Carbonifère indifférencié (*) de l'Artois sont, comme l'a démontré Mériaux (1961), des formations de piedmont traduisant un écoulement du Nord-Ouest vers le Sud-Est ;

— la disposition des courbes d'isoanomalies gravimétriques (carte gravimétrique de la France à 1/1.000.000) et magnétiques suggère l'existence, au Nord-Ouest du bassin, d'une structure profonde de direction

(*) La découverte récente par l'un des auteurs (J.F. B.G.) de la spore *Lycospora pusilla* à Fléchin confirme cet âge.

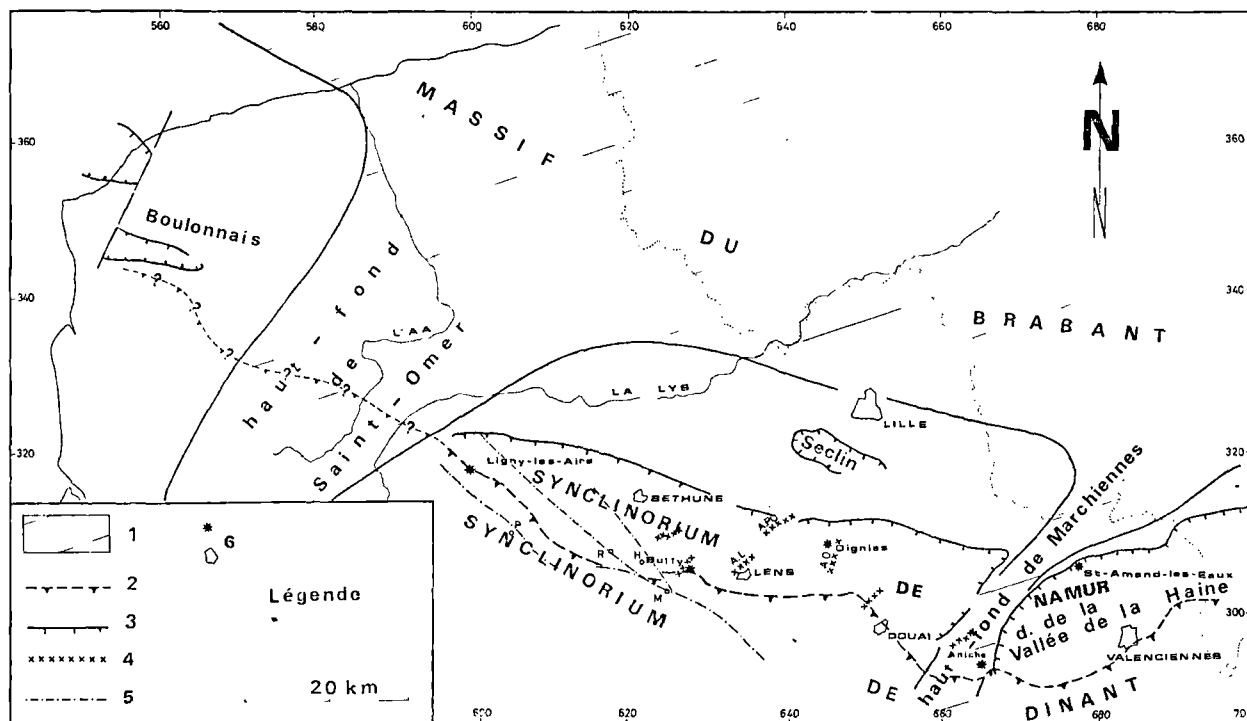


Fig. 2. — Localisation schématique des structures transverses du Bassin Houiller du Nord et du Pas-de-Calais. 1, haut-fond. — 2, Faille du Midi. — 3, limite de « cuvette » synclinale. — 4, quelques-uns des axes anticlinaux figurés sur la carte des zones stratigraphiques à la cote — 300 : A.O., anticlinorium d'Oignies ; A.L., anticlinal de Lens ; A.P.O., anticlinal Poil d'Ours. — 5, failles épicrotécées de l'Artois (d'après J. Gosselet, modifié) et localités correspondantes : P, Pernes ; R, Ruitz ; M, Marqueffles ; H, Hersin. — 6, Localités.

WESTPHALIEN Epais. 690 à 1300 m	Assise de	Faisceau d'EDOUARD	130 à 260 m	Poudingue d'EDOUARD
		Faisceau de DUSOUICH	200 à 250 m	
	BRUAY	Faisceau d'ERNESTINE	220 à 360 m	
		Faisceau de SIX-SILLONS	220 à 620 m	
WESTPHALIEN Epais. 250 à 680 m	Assise d'ANZIN	Faisceau de POUILLEUSE	100 à 350 m	Niveau marin de RIMBERT
		Faisceau de MEUNIERE	130 à 370 m	Niveau marin de WINGLES
WESTPHALIEN Epais. 135 à 450 m	Assise de VICOIGNE	Faisceau de CHANDELEUR	90 à 240 m	Niveau marin de POISSONNIERE
		Faisceau de MODESTE	30 à 180 m	
	Assise de FLINES	Faisceau d'OLYMPÉ	15 à 90 m	Niveau marin de la Passée de Laure
		Faisceau de MARIE	45 à 360 m	
NAMURIEN Epais. 65 à 700 m	Assise de BRUILLE	Faisceau de ST-GEORGES	12 à 220 m	
		Faisceau stérile	0 à 140 m	
DINANTIEN (Calcaire Carbonifère)				

Tableau I. — Stratigraphie résumée du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais (d'après Bouroz, 1969, modifié).

approximative N 40°, dont le tracé est souligné en surface par les cours des rivières Aa et Lys.

Ces faits peuvent s'expliquer par la présence d'une structure anténamurienne, analogue au haut-fond de Marchiennes, qui aurait limité le bassin à l'Ouest. Le développement des formations de piedmont permet de supposer que ce « haut-fond de Saint-Omer » a pu se manifester par une absence de sédimentation au cours du Namurien et du Westphalien, séparant ainsi le bassin du Nord - Pas-de-Calais du bassin du Boulonnais.

3) Relations entre les bassins houillers du Nord - Pas-de-Calais et du Boulonnais.

Le Houiller du Boulonnais présente quelques particularités qui ne sont pas sans rappeler la terminaison occidentale du Bassin du Nord - Pas-de-Calais ; en particulier la stampe totale est réduite, le Namurien étant épais de 20 m seulement et le Westphalien A ne dépassant pas 250 m recoupés (Olry, 1904 ; Bouroz, 1969).

Cependant, certains niveaux de stériles sembleraient moins indurés que dans le bassin du Nord - Pas-de-Calais, et par ailleurs les tonsteins sont blancs. Ces différences pourraient se concevoir dans l'hypothèse du haut-fond de Saint-Omer qui aurait séparé deux bassins sédimentaires possédant leurs propres caractéristiques et n'ayant que peu ou pas de contact.

En résumé, le haut-fond de Saint-Omer serait une structure anténamurienne développée suivant une direction N 40°, comparable au haut-fond de Marchiennes.

De même que ce dernier, il nous apparaît comme un trait majeur de la paléogéographie du Carbonifère, mais nous lui accordons une importance plus grande dans la mesure où il sépare le bassin du Nord - Pas-de-Calais de celui du Boulonnais.

IV. — SIGNIFICATIONS DES STRUCTURES TRANSVERSES

Les structures transverses décrites ci-dessous peuvent avoir différentes significations :

1. - Zones hautes au cours de la sédimentation.

Ce serait le cas des hauts-fonds de Marchiennes (délimitant un bassin à évaporites à l'Est) et de Saint-Omer (séparant les bassins houillers du Nord - Pas-de-Calais et du Boulonnais).

2. - Zone haute au cours de la tectonique tangentielle hercynienne.

A cette catégorie nous rattachons également le haut-fond de Marchiennes, auquel est attribué l'écaillage du massif chevauchant.

3. - Zones anticlinales.

Reprenant les failles chevauchantes et les plis longitudinaux, elles sont par conséquent postérieures à la

mise en place des nappes et antérieures à la pénélplanation (nous les relierons aux plis transverses de l'ensemble de déformation P₂ défini par Beugnies et Colbeaux, 1977).

4. - Traits rhexmatiques.

Nous les subdiviserons en deux groupes :

— des limites de blocs ou sous-blocs (Colbeaux *et al.*, 1977 et 1980), telles la zone faillée transverse du Pas-de-Calais d'orientation N 30°, et la limite supposée entre les sous-blocs Meuse - Sambre et Artois, d'orientation similaire (fig. 3). Bien que ces limites ne se superposent pas aux hauts-fonds de Marchiennes et de Saint-Omer, elles présentent la même orientation et la même pérennité ;

— le môle Bray - Artois (Colbeaux *et al.*, 1980 ; Dupuis, 1980), qui a joué en tant que tel au Permien et au Tertiaire, et qui est aligné sur le haut-fond de Marchiennes au Permien.

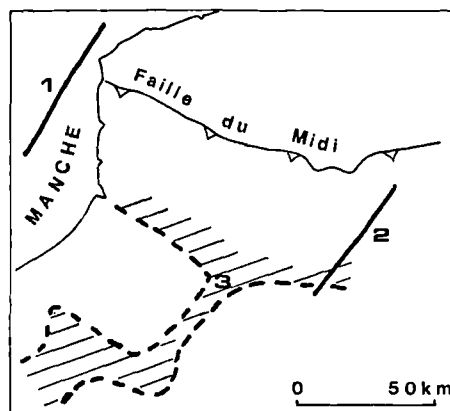


Fig. 3. — Les traits rhexmatiques transverses dans le Nord-Pas-de-Calais.

1. zone faillée du Pas-de-Calais. — 2, limite des sous-blocs Meuse. Sambre et Artois. — 3, Mole Bray-Artois au Permien (d'après Colbeaux *et al.*, 1980).

BIBLIOGRAPHIE

- 1) BERNARD D., BOSCH B. et CAULIER P. (1980). Acquisition et rassemblement des données géothermiques disponibles et nouvelles dans la zone franco-belge de Saint-Ghislain à Saint-Amand-les-Eaux. *Rapport B.R.G.M.* 80 SGN 406 NPC.
- 2) BEUGNIES A. et COLBEAUX J.P. (1977). — Confirmation de la tectonique polyphasée du Massif de la Tombe. *Bull. Soc. Belge Géologie*, t. 86, fasc. 1, p. 57-65.
- 3) BOUROZ A. (1969). — Le Carbonifère du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXIX, p. 47-65.
- 4) BOUROZ A., CHALARD J., DALINVAL A. et STIEVENARD M. (1961). — La structure du bassin houiller du Nord, de la région de Douai à la frontière belge. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXI, p. 173-220.
- 5) BOUROZ A. *et al.* (1963). — Carte des zones stratigraphiques à la cote — 300 (à 1/50.000) Houillères du Bassin du Nord et du Pas-de-Calais.
- 6) C.F.P. (M), COPESEP, R.A.P. et S.N.P.A. (1965). Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXV, p. 273-281.
- 7) COLBEAUX J.P., BEUGNIES A., DUPUIS Ch., ROBASYNSKI F. et SOMME J. (1977). — Tectonique de blocs dans le Sud de la Belgique et le Nord de la France. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCVII, p. 191-222.
- 8) COLBEAUX J.P., DUPUIS Ch., ROBASYNSKI F., AUFRET J.P., HAESSAERT P. et SOMME J. (1980). — Le détroit du Pas-de-Calais ; un élément dans la tectonique de blocs de l'Europe Nord-Occidentale. *Bull. A.G.B.P.*, V, 17, n° 14, p. 41-54.
- 9) DEJONGHE L., DELMER A. et GROESSENS E. (1976). — Découverte d'anhydrite dans les formations antémuriennes du sondage de Saint-Ghislain (note préliminaire). *Bull. Acad. Roy. de Belgique, Classe sci.*, 5° sér., t. LXII, p. 80-83.
- 10) DELMER A. (1972). — Origine du bassin crétacique de la Haine. *Service Géol. Belg.*, Prof. Paper n° 5, 13 p.
- 11) DELMER A. (1977). — Le bassin du Hainaut et le sondage de Saint-Ghislain. *Service Géol. Belg.*, Prof. Paper n° 143, 12 p.
- 12) DUPUIS Ch. (1980). — Esquisses paléogéographiques du Nord et du Nord-Ouest du Bassin de Paris au Paléocène et à l'Eocène inférieur. Incidences structurales. *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 288, p. 1587-1590.
- 13) GOSSELET J. (1908). — Notes sur quelques failles communes aux terrains crétacique et houiller de l'Artois. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XXXVII, p. 80-109.
- 14) MERIAUX E. (1961). — Observations sur les conglomérats et marbres rouges de l'Artois. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXXXI, p. 65-71.
- 15) OLRV A. (1904). — Topographie souterraine du bassin houiller du Boulonnais du bassin d'Hardinghem. *Etudes Gites Minér. France*, Paris, 1 vol., 240 p.
- 16) PRUVOST P. et BERTRAND P. (1932). — Quelques résultats des récentes explorations géologiques du bassin houiller du Nord de la France. *Revue Indust. Minérale*, 15 sept. 1932, p. 365-379.

Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France) (*)

par Henri MAILLOT (**), Saïd NOUALI (***) et Bruno TRIPLET (***)

Résumé. — La prospection sismique et électrique du contact entre le Crétacé supérieur (craie sénonienne) et la base du Tertiaire (Argiles de Louvil, tuffeau landénien) montre que dans le secteur étudié, le contact est d'origine tectonique et non sédimentaire comme le précise la carte géologique au 1/50.000.

Sous la couverture limoneuse, dont les variations d'épaisseurs sont déterminées, l'étude géophysique permet de préciser la localisation exacte de cette zone faillée ainsi que le décalage entre les deux compartiments (sommet de la craie/base des Argiles de Louvil).

Abstract. — Seismic and electric geophysical investigations done on the Cretaceous/Tertiary boundary (chalk/clay) close to Lille city (North of France). show that the contact is of tectonic type, and not of a sedimentary one as previously expressed on the geological map.

The precise location and the importance of the fault zone is geographically determined beneath the superficial quaternary silty clays, whose thickness variations are precised.

INTRODUCTION

L'objectif fixé au départ de cette étude consiste à vérifier si le contact entre la craie sénonienne et les argiles et sables landéniens est sédimentaire comme l'admet la carte géologique au 1/50.000 de Lille-Halluin (1968), ou au contraire tectonique. A cette fin, une réflexion est entamée sur le choix des méthodes de prospection susceptibles de résoudre ce type de problème.

Le site proposé (fig. 1) est choisi en fonction des possibilités locales de prospection : accessibilité et possibilité d'étalonnages. Aucun a priori n'est admis, mais au contraire toutes les phases de la prospection sont discutées et critiquées avant et après la mesure. La méthodologie de travail est basée sur la comparaison constante entre les résultats numériques et les faits.

(*) Ce travail de recherche appliqué a pris en compte un certain nombre de résultats qui émanent des Travaux Pratiques réalisés par les élèves des promotions 1979-1982 et 1980-1983 de l'Institut Géotechnique-Génie Civil (I.G.T.) de l'Ecole Universitaire d'Ingénieurs de Lille (E.U.D.I.L.).

(**) Ecole Univ. d'Ingénieurs de Lille (E.U.D.I.L.) et E.R.A. du C.N.R.S. n° 764, Laboratoire de Sédimentologie et Géochimie, U.E.R. des Sciences de la Terre.

(***) Ingénieurs de l'E.U.D.I.L., Université de Lille I. 59655 Villeneuve d'Ascq Cedex.

Note présentée le 4 Novembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 3 Mars 1982.

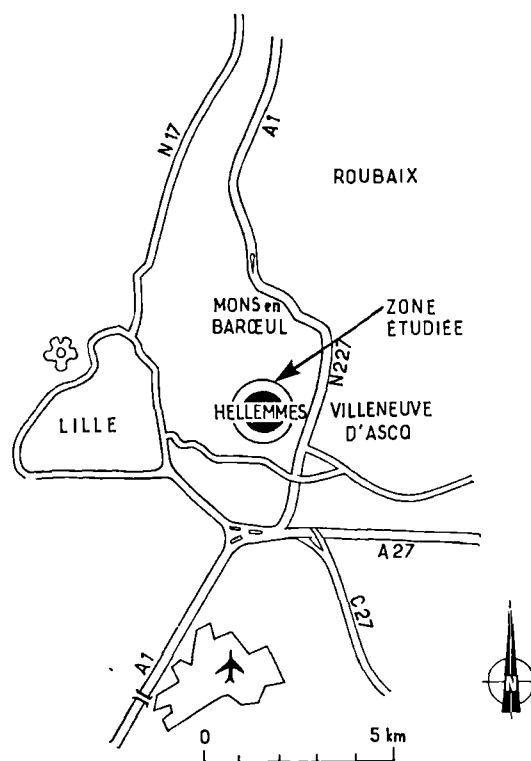


Fig. 1. — Localisation de la zone étudiée.

Seront successivement envisagés dans la suite de cette note :

- la présentation rapide des deux méthodes géophysiques utilisées,
- la méthode d'étude,
- le matériel utilisé,
- l'étude du contact Crétacé supérieur/Landénien.

I. — RAPPEL DU PRINCIPE DES DEUX METHODES GEOPHYSIQUES UTILISEES

A) METHODES ELECTRIQUES.

Ces méthodes sont basées sur les propriétés résistives des différents terrains, ce qui permet de les distinguer.

La résistivité d'une roche est fonction essentiellement :

- de la teneur en eau,
- de la nature du fluide,
- de la porosité,
- de la surface spécifique,
- de la lithologie.

Ainsi, les valeurs des résistivités générales des roches sont mentionnées dans le tableau I.

1) Le trainé électrique.

Cette technique consiste à mesurer la résistivité selon un maillage topographique, avec un dispositif de mesure à géométrie constante. Ceci implique que la profondeur d'investigation est du même ordre de grandeur en chacun des points. Les courbes d'isorésistivités tracées à partir des résultats du trainé mettent en évidence toute anomalie dans les terrains sous-jacents.

ROCHES	RESISTIVITES (Ω.m)	VITESSES (m/s)
Argiles	2 à 20	≈ 700 à 900
Marnes	20 à 100	1 000 à 3 000
Craie non altérée	80 à 150	6 000
Craie altérée	40 à 80	≈ 1 000
Limons sableux	20 à 40	} 150 à 600
Limons argileux	10 à 30	

Tableau I. — Caractéristiques électriques et sismiques des principales roches.

Le choix de la géométrie du dispositif de mesure résulte de l'étalonnage préalablement mené à partir de la connaissance de la géologie du site, de sondages électriques et de leur étalonnage par des sondages mécaniques.

2) Le sondage électrique.

Il consiste à mesurer en un point du terrain, les variations de la résistivité apparente en fonction de la profondeur :

$$\log \rho_a = f\left(\log \frac{AB}{2}\right).$$

L'analyse de la courbe (fig. 2) permet de différencier l'influence de chacune des couches (résistivité et épaisseur).

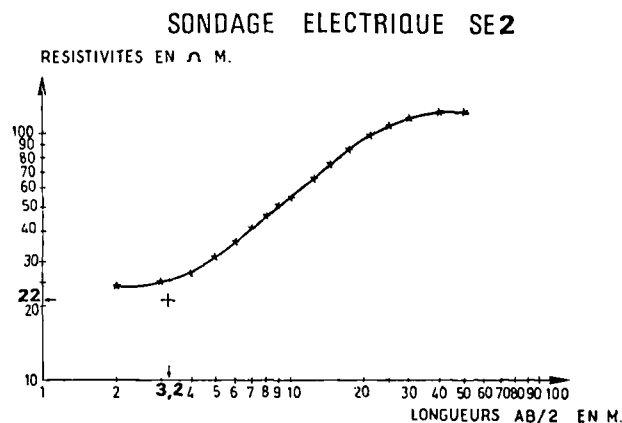
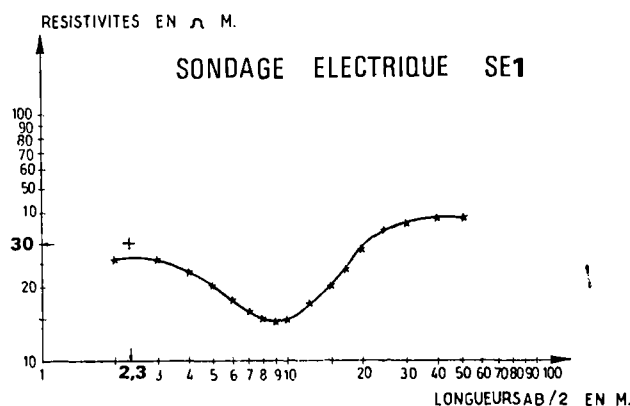


Fig. 2. — Sondages électriques SE₁ et SE₂. (au lieu de M, lire m).

B) METHODES SISMIQUES.

La vitesse de propagation d'une onde sonore autorise la caractérisation des terrains sous-jacents. Les

vitesse de propagation dans les principales roches sont données dans le tableau I. Seule est utilisée ici la sismique réfraction (réflexion totale des ondes sismiques sur la surface de séparation des couches du terrain).

Les méthodes conventionnelles de sismique réfraction sont précisées par Astier (1971).

Dans le cas d'une faille verticale cachée sous un recouvrement, la succession d'un tir avant (fig. 4) et d'un tir arrière (fig. 5) permet de déterminer le décalage vertical de la faille.

1) Tir avant.

Supposons, dans un premier temps, que le géophone soit placé du côté effondré du gradin :

- pour $x < x_1$, on se ramène au cas d'un bicouche ;
- pour $x > x_1$, l'épaisseur de la couche superficielle augmente : tout se passe alors comme si x_b était retardé. On obtient une dromochronique représentée sur la fig. 4a.

L'épaisseur e_1 est obtenue à partir de l'expression

$$e_1 = \frac{x_b}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}$$

2) Tir arrière.

Supposons maintenant que le géophone soit placé du côté opposé du gradin :

- pour $x < x_1$, on se ramène au cas d'un bicouche ;
- pour $x > x_1$, l'épaisseur diminue et tout se passe comme si x_b était avancé. La dromochronique obtenue est représentée sur la fig. 5a.

L'épaisseur e_2 est donnée par l'expression :

$$e_2 = \frac{x_b}{2} \sqrt{\frac{v_2 - v_1}{v_2 + v_1}}$$

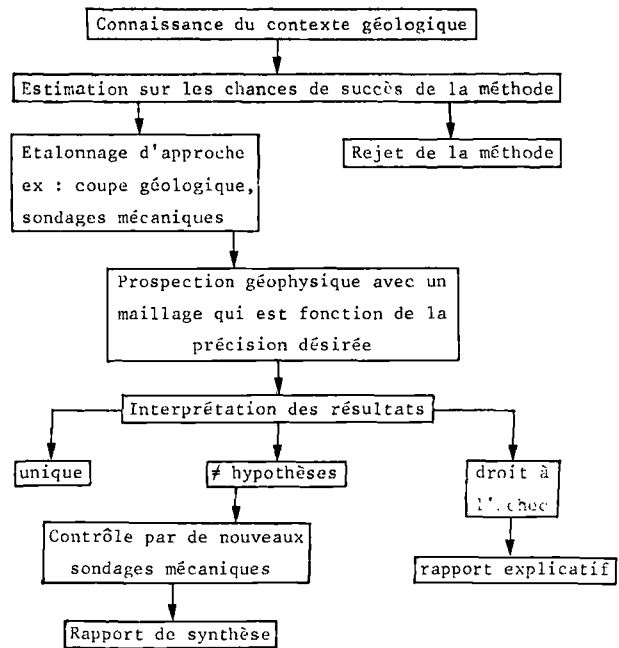
Le décalage vertical entre les deux compartiments est défini par $e_2 - e_1$. La position de la faille est donnée par $x_p = x_1 - e_1 \operatorname{tg} I$.

II. — LA METHODE D'ETUDE

Toute campagne de mesures géophysiques peut se concevoir selon l'organigramme n° 1.

A) CONNAISSANCE DU CONTEXTE GEOLOGIQUE.

Les recherches bibliographiques entreprises à cet égard utilisent largement la notice de la carte géologique de Lille-Halluin au 1/50.000 (Sangnier *et al.*,



Organigramme n° 1.

1968). Les éléments d'hydrogéologie sont tirés de Mania (1971 et 1978). De nombreuses discussions ont lieu avec Colbeaux (*), Debaere (*) et Leplat (*). Rapidement résumée, la succession géologique se compose de haut en bas :

— des limons de plateaux, plus argileux lorsqu'ils recouvrent les argiles tertiaires, chargés en granules de craie lorsqu'ils sont surincombants aux assises crayeuses ;

— d'Argile de Louvil (Sangnier *et al.*, 1968) dans laquelle s'intercalent vers la base des niveaux de sable fin glauconieux plus ou moins consolidés par un ciment d'opale (tuffeau). Ce tuffeau est souvent rencontré dans la zone étudiée (Leplat, comm. pers.) ;

— de craie blanche sénonienne dans laquelle les auteurs régionaux distinguent deux types de lithologie (Sangnier *et al.*, 1968 ; Colbeaux *et al.*, 1975) : au sommet, une craie blanche ; à la base, une craie grise souvent exploitée en carrière souterraine ;

— de craie grise à silex.

Les nappes d'eau rencontrées dans cette succession géologique (Mania, 1971 et 1978) sont celles des limons, des sables landéniens et du Crétacé supérieur. Cette dernière nappe de la craie est libre lorsqu'elle se trouve dans la succession géologique limons-craie, au contraire, elle est captive lorsque les formations du Tertiaire coiffent celles de la craie.

(*) Nous sommes heureux de pouvoir remercier ici les différentes personnes des aides, avis et critiques qu'elles ont pu formuler sur ce travail.

B) ESTIMATION DES CHANCES DE SUCCES DE LA METHODE.

Les objectifs recherchés consistent à préciser la nature du contact Secondaire/Tertiaire et à détecter la présence éventuelle d'une faille.

Deux méthodes géophysiques nous semblent convenir pour répondre à ces objectifs : la sismique réfraction et les méthodes électriques dont les principes ont été rappelés précédemment.

Nous avons vu qu'il était possible de détecter une faille cachée sous un recouvrement en effectuant un tir sismique avant et un tir sismique arrière. L'étude sismique peut donner de bons résultats car les variations de la vitesse de propagation des ondes dans les différents terrains sont bien marquées.

D'autre part, la réalisation d'un trainé électrique permet d'étudier sur une distance relativement étendue les contrastes de résistivité du sous-sol et, en particulier, les variations d'épaisseur des formations superficielles.

C) ETALONNAGE D'APPROCHE.

A l'issue de ce choix, un étalonnage d'approche est nécessaire. Nous avons donc recherché toutes les études antérieures effectuées sur le site.

Cette tâche nous a été fortement facilitée par l'obtention de renseignements émanant d'une étude géologique et géotechnique réalisée dans le cadre du projet routier entre Hellemmes et Villeneuve d'Ascq, par le laboratoire du C.E.T.E. Nord-Picardie (Debaere, 1976).

Ces documents nous ont permis de connaître les épaisseurs des couches superficielles, la profondeur du substratum et des nappes phréatiques en des points bien précis du terrain.

Nous pouvons donc choisir la profondeur d'investigation des mesures et, en particulier, fixer la géométrie du quadripole de mesure des résistivités. L'interprétation des anomalies des vitesses de propagation des ondes sismiques et des résistivités est possible.

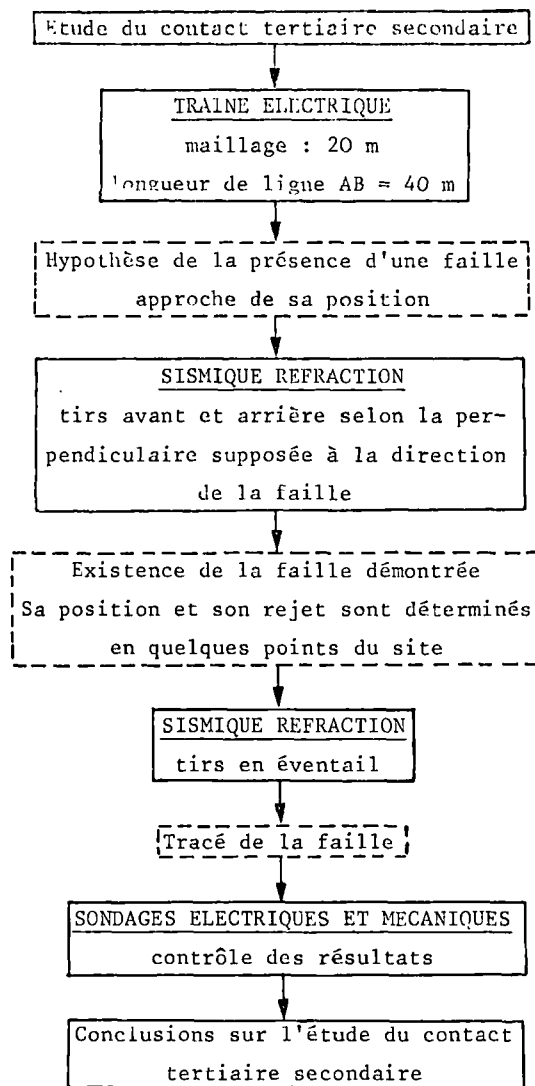
D) PROSPECTION GEOPHYSIQUE.

De manière à clarifier la présentation de la succession des opérations effectuées, nous avons établi l'organigramme n° 2.

III. — LE MATERIEL UTILISE

A) METHODES ELECTRIQUES.

Le matériel utilisé pour la réalisation des sondages électriques est le même que celui utilisé pour le trainé électrique : il s'agit d'un E.L.E.R. II construit par la section électronique du C.E.T.E. de Rouen.



Organigramme n° 2.

Cet appareil permet d'atteindre des profondeurs d'investigation maximales de l'ordre de 30 m dans les terrains que nous avons rencontrés. Il mesure des résistivités comprises entre 0 et 100 KΩm. Il est muni d'un filtre de réjection du courant de 50 Hz induit dans le sol par les lignes du réseau E.D.F.

B) METHODES SISMIQUES.

L'appareil de sismique utilisé est de type 1 530 fabriqué par la firme Bison (U.S.A.). Il permet de mesurer les temps de parcours des ondes sismiques

émises par le choc d'un marteau sur une plaque métallique. L'onde est reçue par un géophone. Sur le terrain étudié, nous avons pu placer le géophone à une distance maximale de 60 m du point d'émission.

C) SONDAGES MECANIQUES.

Ceux-ci sont réalisés au moyen d'une tarière à main de diamètre 60 mm commercialisée par la Société Bonne Espérance.

IV. — ETUDE DU CONTACT TERTIAIRE / CRETACE SUPERIEUR

L'étude géologique préalable a montré que le substratum est recouvert par des formations superficielles limoneuses dont l'épaisseur reste limitée à quelques mètres. Côté Nord du contact, le substratum est constitué soit par l'Argile de Louvil, soit par les Sables d'Ostricourt qui contiennent la nappe landénienne. Ces terrains sont donc caractérisés par une résistivité électrique faible. Par contre, au Sud du contact, le substratum est crayeux. Bien qu'il existe probablement une frange de craie altérée au sommet, les résistivités électriques sont nettement plus élevées. Le contraste des résistivités du terrain permet en conséquence de localiser le contact Tertiaire/Crétacé supérieur. Pour ce faire, nous effectuons dans un premier temps un traîné électrique.

A) LE TRAINE ELECTRIQUE.

1) Choix du maillage et des longueurs de ligne.

La distance entre les points du maillage choisie est égale à 20 m.

La longueur de ligne choisie est égale à 40 m. Celle-ci est définie à partir des coupes de sondages mécaniques de référence (fig. 3).

Pour que l'influence de la craie soit significative sur la remontée des résistivités du côté Sud du contact, il faut considérer une profondeur d'investigation d'au

moins 7 m. Si la profondeur d'investigation, comme le sondage électrique de référence le démontre, est voisine à AB/6, nous obtenons une longueur de ligne de 42 m. D'où le choix : AB = 40 m.

2) Résultats du traîné électrique.

Les valeurs des résistivités mesurées sont reportées sur la figure 7.

3) Interprétation des résultats.

— Les courbes d'isorésistivité tracées (fig. 7) ont une direction dominante Est-Ouest. Le gradient de résistivité le plus élevé est donc obtenu lors du déplacement de l'appareil dans la direction Nord-Sud.

— En se déplaçant du Sud vers le Nord, le gradient des résistivités s'intensifie entre les courbes 25-20-15 Ωm . Au nord de cette zone, les valeurs se stabilisent autour de 10 Ωm . Au sud de cette zone, elles sont comprises entre 35 et 50 Ωm .

— Les faibles valeurs de résistivités (10 Ωm) obtenues dans la partie Nord de la zone étudiée s'expliquent par la présence d'une forte épaisseur d'argile (Argile de Louvil) et la faible profondeur de la nappe des sables landéniens.

— Les valeurs de résistivités plus élevées (35 à 50 Ωm) observées dans la partie Sud de la zone étudiée sont dues à l'influence du substratum crayeux situé à faible profondeur et à l'absence d'une nappe proche de la surface du sol.

— La bande de transition entre ces deux zones, marquée par un gradient de résistivité plus important, est interprétée, d'une part, par la présence d'un accident tectonique dont il faudra vérifier l'existence et, d'autre part, par la remontée progressive de la nappe vers le Nord. Cette hypothèse devra également être vérifiée.

— Si un accident tectonique existe entre les terrains crayeux du Secondaire et les terrains sablo-argileux du Tertiaire, il se situe approximativement entre les profils 10 et 11 (entre les courbes isorésistives 15 et 25 Ωm , fig. 7).

— Dans la partie Nord-Ouest du site, nous observons une remontée lente mais régulière de résistivités en se déplaçant vers l'Ouest. Cette remontée progressive des résistivités exclut la présence d'un accident tectonique de direction Nord-Sud mais peut être interprétée comme étant due à un léger pendage des couches vers l'Est, ce qui aurait pour conséquence la proximité croissante des terrains crayeux résistifs sous la couche d'argile lorsque l'on se déplace vers l'Ouest.

— Dans la partie Sud-Est de la zone étudiée, les courbes d'isorésistivités changent de direction. Une étude, réalisée antérieurement (1980) par une équipe d'élèves de l'E.U.D.I.L., avait permis de supposer l'existence d'une petite faille de direction approximative Nord-Sud.

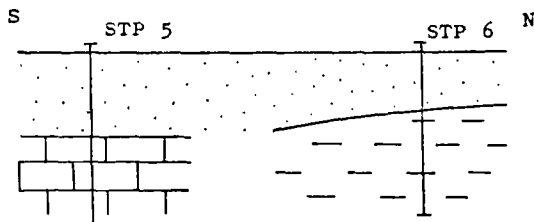


Fig. 3. — Etalonnage par sondages mécaniques. (Les résultats de ces sondages proviennent de Debaere, 1976).

STP 5 : Craie à 4,50 m de profondeur.

STP 6 : Craie non rencontrée à 6 m de profondeur.

B) LES ESSAIS SISMIQUES.

Il est indispensable de confirmer l'hypothèse d'un accident tectonique entre les terrains du Tertiaire et ceux du Crétacé supérieur. Des essais sismiques directs (fig. 7) sont donc réalisés de manière à préciser la position de la faille éventuelle et son rejet.

1) Résultats et interprétations des tirs sismiques.

Tir sismique n° 1 : TS 1.

● Tir direct.

Le géophone est placé côté Nord de l'éventuel accident tectonique et le marteau se déplace depuis le géophone vers le Sud (fig. 4a).

— Interprétation qualitative de la courbe.

Depuis le point O jusqu'au point C, la dromochronique présente l'allure d'une courbe représentative d'un tricouche : entre les points O et A, la vitesse de propagation de l'onde sismique est faible. L'onde captée en G est l'onde directe (E1). La vitesse obtenue caractérise la couche de limons superficiels.

Entre les points A et B, la vitesse de propagation de l'onde sismique augmente. L'onde captée en G est l'onde réfractée sur le dioptre limon-argile. La vitesse obtenue caractérise la couche d'argile (E2). Puis, entre les points B et C, la vitesse augmente encore. L'onde captée en G est, cette fois, celle qui est réfractée sur le dioptre argile-tuffeau. La vitesse obtenue caractérise le tuffeau ou la craie.

Au niveau de C, la dromochronique présente un décrochement jusqu'au point D et le segment DE est parallèle au segment BC. Le point C de la dromochronique représentée à la fig. 4a est interprété comme étant représentatif du point E3 de la fig. 4b et le point D correspond au point E4.

La dromochronique obtenue caractérise donc la présence d'un gradin dont le côté effondré est au Nord.

— Interprétation quantitative de la dromochronique (fig. 4b).

Le calcul des vitesses est effectué à partir de la mesure des pentes de chacun des segments de la dromochronique (fig. 4a).

Nous obtenons les vitesses suivantes :

- Limons de surface : $V_1 = 500$ m/s
- Argile : $V_2 = 715$ m/s
- Tuffeau : $V_3 = 4.500$ m/s

Calcul des épaisseurs :

$$t_1 = 2 \cdot e_1 \cdot \sqrt{\frac{v_2^2 - v_1^2}{v_1^2 \cdot v_2^2}} \quad e_1 = \frac{t_1}{2 \cdot \sqrt{\frac{1}{v_1^2} - \frac{1}{v_2^2}}}$$

$$t_2 = 2 \cdot e_1 \cdot \sqrt{\frac{1}{v_1^2} - \frac{1}{v_3^2}} + 2 \cdot e_2 \cdot \sqrt{\frac{1}{v_2^2} - \frac{1}{v_3^2}}$$

Nous obtenons, après calculs :

- $e_1 = 2,20$ m
- $e_2 = 8,00$ m
- soit, $e = e_1 + e_2 = 10,20$ m

● Tir inverse.

Le géophone est placé côté sud de la faille éventuelle et le marteau se déplace depuis le géophone vers le Nord (fig. 5a).

— Interprétation qualitative de la dromochronique (fig. 5b).

Entre les points O et A, la vitesse de propagation de l'onde sismique est faible. L'onde captée en G est l'onde directe issue du point E1. La vitesse mesurée caractérise la couche de limons superficiels.

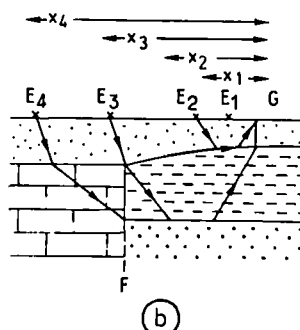
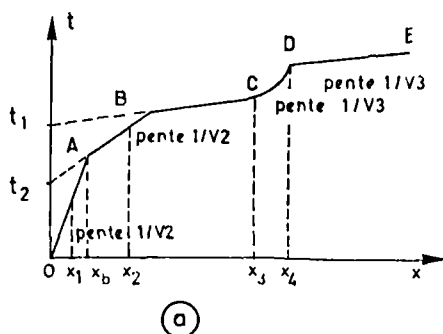


Fig. 4. — Tir sismique direct.

4a : dromochronique. — 4b : interprétation quantitative de la dromochronique.

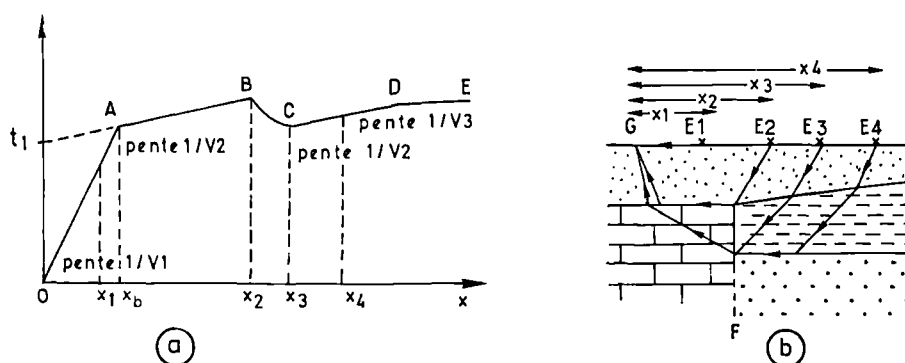


Fig. 5. — Tir sismique inverse.
5a : dromochronique. — 5b : interprétation quantitative de la dromochronique.

A partir du point A, la vitesse de propagation augmente nettement : l'onde est réfractée sur le dioptre limons-craie et la vitesse obtenue caractérise le substratum crayeux.

En B, la dromochronique présente un décrochement jusqu'au point C et le segment CD est parallèle au segment AB. Le point B de la dromochronique est interprété comme étant représentatif du point E₂ de la fig. 5b et le point C correspond au point E₃.

La présence du gradin est donc confirmée par le tir inverse.

— *Interprétation quantitative.*

Calcul des vitesses : le calcul des pentes de chacun des segments de la dromochronique nous donne :

- Limons superficiels : V₁ = 365 m/s
- Craie altérée : V₂ = 940 m/s
- Craie saine : V₃ = 6.250 m/s

Calcul des épaisseurs :

$$t_1 = 2 \cdot e_1 \sqrt{\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2}} \quad e_1 = \frac{t_1}{2 \cdot \sqrt{\frac{1}{V_1^2} - \frac{1}{V_2^2}}}$$

d'où e₁ = 3,70 m.

La position de la faille est définie par la distance x_p entre F et le point de station du géophone G = C₁₂.

$$x_p = x_1 - e_1 \cdot \text{tg}(1)$$

L'angle limite 1 est tel que sin(1) = V₁/V₂.

Nous obtenons après le calcul :

$$x_p = 33,40 \text{ m.}$$

Il est donc possible de repérer la position de la faille en un point précis de la zone étudiée (point n°1, fig. 7).

Le même type d'interprétation conduit à l'obtention des résultats reportés sur le tableau II.

2) **Conclusions relatives aux tirs sismiques.**

L'existence d'une zone faillée, sa position, l'évolution du décalage vertical entre le toit de la craie et le mur de l'Argile de Louvil ont pu être déterminés en cinq points précis de la zone étudiée (fig. 7). Le calcul du décalage vertical permet de démontrer que celui-ci diminue progressivement vers l'Ouest (de 13,35 m à 2,65 m). Il est cependant indispensable de vérifier l'hypothèse d'unicité de la zone faillée. Pour cela nous effectuons des tirs sismiques « en éventail ».

N° du tir	V.1 m/s	V.2 m/s	V.3 m/s	e ₁ m	e ₂ m	Distance entre le point de station et la zone faillée
T.S.2 aller	390	765	3 125	2,20	8,50	
T.S.2 retour	385	885	2 500	4,05	6,65	33 m
T.S.3 aller	335	890	4 500	1,35	10,90	
T.S.4 aller	380	815	5 000	1,95	13,50	
T.S.4. retour	430	770	5 000	2,10	-	36 m
T.S.5 aller	385	665	1 365 V.4 = 5 000	1,80	5,60	
T.S.5 retour	365	960	3 600	4,75	-	29,50 m

Tableau II. — *Interprétations des résultats des tirs sismiques (dromochronique).*

3) Tirs sismiques en éventail.

Cette technique (fig. 6) consiste à mesurer en un point de station fixe (G), les variations de la vitesse de propagation des ondes sismiques provoquées par le marteau qui se déplace à distance constante autour du géophone.

Cette méthode, très rapide à mettre en œuvre, permet de suivre la faille sur une grande distance.

Résultats : La position des tirs en éventail est repérée sur la fig. 7. La distance choisie entre le géophone et les points d'explosion est égale à 20 m.

L'ensemble des résultats des temps mesurés en chacun des points des tirs en éventail est reporté sur la fig. 7, ce qui permet de suivre et de tracer la position de la faille sur toute la zone étudiée.

Conclusion : Les tirs sismiques en éventail confirment l'hypothèse d'une zone faillée unique.

C) CONTROLE DES RESULTATS.

1) Sondages électriques.

Afin de contrôler les résultats obtenus à partir du traîné électrique et des essais sismiques, deux sondages électriques parallèles à la direction de la faille ont été réalisés.

Résultats : L'implantation des sondages électriques SE₁ et SE₂ est reportée sur la fig. 7. Les résultats du SE₁ sont indiqués sur la courbe SE₁, représentée à la figure 2.

a) Interprétation qualitative.

— SE₁ : la courbe obtenue dans le compartiment Nord présente deux points d'inflexion. Elle est donc représentative d'un tricolche avec une succession d'une couche résistante, d'une couche conductrice et d'une couche plus résistante.

— SE₂ : la courbe obtenue dans le compartiment Sud ne comporte qu'un seul point d'inflexion. Elle est

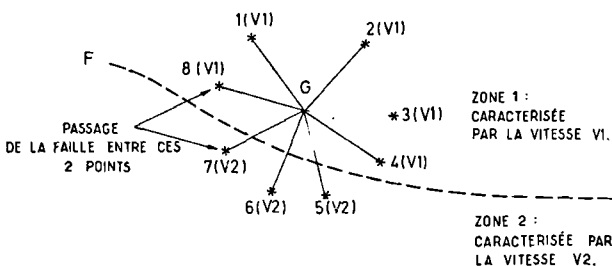


Fig. 6. — Principe du tir en éventail.

donc représentative d'un bicouche. Une couche plus résistante supporte une couche plus conductrice. Le palier observé en fin de courbe est interprété comme étant dû à l'influence de la nappe.

b) Interprétation quantitative.

Les deux courbes obtenues (SE₁ et SE₂) sont comparées aux courbes des abaques de la Compagnie Générale de Géophysique (1963). Elles permettent de déduire les valeurs suivantes :

$$\begin{array}{ll} \text{SE}_1 : e_1 = 2,30 \text{ m} & \rho_1 = 30 \Omega\text{m} \\ e_2 = 8,05 \text{ m} & \rho_2 = 10 \Omega\text{m} \\ & \rho_3 = 300 \Omega\text{m} \end{array}$$

La succession est du type limons, argiles, tuffeau avec des épaisseurs conformes à celles obtenues par prospection sismique.

$$\begin{array}{ll} \text{SE}_2 : e_1 = 3,20 \text{ m} & \rho_1 = 21 \text{ m} \\ & \rho_2 \text{ est élevée} \end{array}$$

Pour une longueur de ligne de AB/2 = 30 m, on observe un palier qui pourrait correspondre à l'influence de la nappe de la craie. En admettant, comme précédemment, une profondeur d'investigation de AB/6, cette profondeur correspondrait à une dizaine de mètres.

2) Conclusion.

La comparaison des deux structures obtenues traduit la différence de faciès de part et d'autre de la faille. Le décalage vertical calculé à partir de ces sondages électriques est égal à 6,65 m (la sismique réfraction donnait un rejet de 6,50 m au point voisin : point n° 1, fig. 7). Les épaisseurs des couches sont conformes à celles déduites des essais sismiques.

Ces deux sondages électriques confirment donc les résultats de sismique réfraction.

3) Sondages mécaniques.

La position des sondages mécaniques à la tarière à main (S. T.) est repérée sur la fig. 7. Les résultats de ces sondages sont indiqués dans le tableau III. Ils confirment bien le schéma de structure proposé après les essais sismiques et le traîné électrique.

CONCLUSIONS

Les méthodes géophysiques utilisées (électriques en courant continu et sismique réfraction) nous permettent, par étapes successives, de démontrer que le contact entre les craies du Crétacé supérieur et les argiles et tuffeau du Tertiaire est tectonique. Cette conclusion

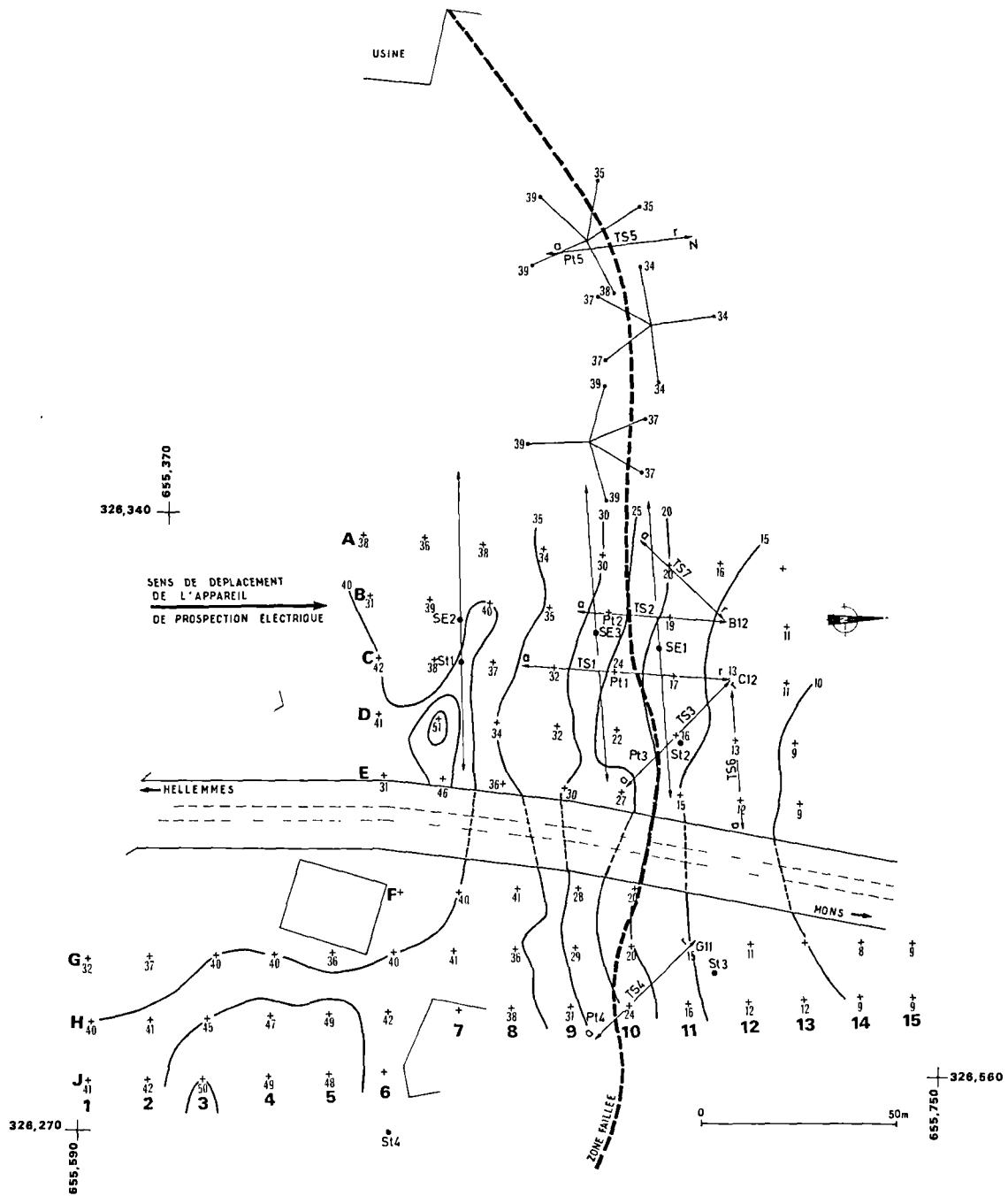


Fig. 7. — Résultats de la prospection géophysique et localisations des mesures.

S.E. : sondages électriques. — T.S. : tirs sismiques. — S.T. : sondages à la tarière.

Les résultats du traîné électrique sont indiqués au-dessous des croix ; les courbes d'iso-résistivité visualisent ces résultats. La localisation de la prospection est précisée par les coordonnées Lambert (zone Nord). Pour le reste, la légende est dans le texte.

SONDAGES TAR. IERE	ST ₁	ST ₂	ST ₃	ST ₄	ST ₅	ST ₆	ST ₇	ST ₈
	en m	en m	en m	en m	en m	en m	en m	en m
Limons	2,80	2,00	1,90	3,40	4,00	4,00	4,50	4,00
Argile	0	1,80	1,10	0	0	0	0	0
Refus	-			-	-	-	-	-

Tableau III. — *Epaisseur des différentes formations (localisation des S.T. sur la fig. 7).*

n'a évidemment pas de valeur générale mais s'applique au seul secteur étudié.

La zone faillée est définie avec précision (fig. 7), le décalage vertical entre le toit et la craie et le mur de l'Argile de Louvil est en moyenne voisin de 10 m. Il diminue vers l'Ouest (2,65 m) et s'accroît vers l'Est (13,35 m). Dans le même secteur, ces méthodes ont permis, sans que le détail en soit donné ici, de mettre en évidence les liaisons hydrogéologiques qui existent

entre la nappe du Landénien (latéralement celle des limons) et celle de la craie. En outre, la prospection géophysique permet, au Sud de la zone faillée, de retrouver sous les limons les irrégularités du toit de la craie sénonienne et les variations d'épaisseurs des limons qui en résultent.

Cette meilleure connaissance du sous-sol permet ensuite d'envisager une utilisation plus rationnelle du sol (génie civil, urbanisme...).

BIBLIOGRAPHIE SOMMAIRE

- 1) ASTIER J.L. (1971). — *Géophysique appliquée à l'hydrogéologie*. Masson, Edit., Paris, 278 p.
- 2) BERTRAND Y. (1967). — La prospection électrique appliquée aux problèmes des Ponts et Chaussées. *Bull. liaison Lab. routier*, spécial I, 172 p.
- 3) COLBEAUX J.P., DEBRABANT P., LEPLAT J. et ROBASZYNSKI F. (1975). — Les craies de Sainghin-en-Mélantois (Nord): faunes du passage Coniacien, tectonique cisailante, physico-chimie. *Ann. Soc. géol. Nord*, t. XCV, 1, p. 17-35.
- 4) COMPAGNIE GENERALE DE GEOPHYSIQUE (C.G.G. (1963). — *Master curves for electrical sounding*. European Ass. Expl. geoph., 36 p.
- 5) DEBAERE J.P. (1976). — Etude géologique et géotechnique de la déviation des C.D. n° 48 et 94. Vol. ronéot. rapport interne 7 601.03 du Laboratoire du C.E.T.E. de Lille.
- 6) LASFARGUES P. (1957). — *Prospection électrique par courants continus*. Masson, Edit., Paris, 290 p.
- 7) MANIA J. (1971). — Contribution à l'étude de la nappe des sables landéniens en Flandres franco-belges et dans le bassin d'Orchies. *Thèse 3^e cycle*, Univ. Sci. Lille. 161 p.
- 8) MANIA J. (1978). — Gestion des systèmes aquifères. Application au Nord de la France. *Mém. S.G.N.*, t. XV, 228 p.
- 9) SANGNIER P., BONTE A., WATERLOT G. et CLEMENT B. (1968). — Notice explicative de la feuille géologique de Lille-Halluin au 1/50.000.

« »

Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (ammonites, foraminifères) dans l'Albien du Boulonnais

par F. AMEDRO (*) et F. MAGNIEZ-JANNIN (**)

Résumé. — Plusieurs coupes sont décrites dans l'Albien du Boulonnais. La comparaison lithostratigraphique révèle une variation d'épaisseur des formations sur l'ensemble du Boulonnais. L'étude biostratigraphique des ammonites et des foraminifères permet d'envisager une corrélation paléontologique.

Abstract. — Several outcrops are described in the Albien of the Boulonnais. The lithostratigraphical comparison shows a variation of thickness of the formations on the whole of Boulonnais. The biostratigraphical study of ammonites and foraminifera allows us to propose a paleontological correlation.

I. — INTRODUCTION

Lors de la création de l'étage Albien en 1842, d'Orbigny cite plusieurs gisements de référence parmi lesquels "les Sables verts et le Gault de Wissant". Depuis, les affleurements albiens de la baie de Wissant ont fait l'objet de nombreuses publications. Parmi les travaux marquants, Barrois (1879), puis Destombes et Destombes (1938, 1965), Amédéo et Destombes (1978) reconnaissent la succession lithologique et précisent la distribution verticale des ammonites. Parallèlement, Marie (1941, 1965) apporte les premières données concernant les foraminifères. Plus récemment, Robaszynski, Amédéo, Foucher, Gaspard, Magniez-Jannin, Manivit et Sornay (1980), définissent deux formations nouvelles dans la coupe de Wissant : Formation des Gardes (= Sables verts), Formation de Saint-Pô (= Argiles du Gault) et proposent des tableaux d'extensions verticales corrélées des macro- et micro-faunes. Dans le même esprit, Amédéo, Damotte, Magniez-Jannin et Manivit (1981) mettent en parallèle plusieurs échelles paléontologiques relatives à la distribution des ammonites, inocérames, ostracodes, foraminifères planctoniques et benthiques, nannoplancton.

Pourtant, si les aspects litho- et biostratigraphiques de l'Albien de Wissant sont aujourd'hui bien connus, la stratigraphie dans les autres coupes de l'Albien du

Boulonnais reste vague. Barrois (1873, 1874) reconnaît à Caffiers et à Wierre-au-Bois les "sables verts" à *Ammonites mammillaris* très bien caractérisés, recouverts par l'argile du Gault avec, à sa base, un banc de nodules phosphatés à *A. interruptus*. Olry (1904) dresse ensuite l'inventaire des sondages réalisés "entre le bassin houiller du Pas-de-Calais et la mer", dont certains traversent l'Albien. Enfin, Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980) individualisent à Lottinghen une nouvelle formation : la Formation de Lottinghen, intercalée entre la Formation de Saint-Pô et la Formation de Strouanne du Cénomanién inférieur.

L'étude de trois nouvelles coupes levées dans le Sud du Boulonnais à Nesles, Menneville et Lottinghen (fig. 5) et comparées à la section classique de Wissant permet maintenant de préciser la stratigraphie de l'Albien dans le Boulonnais.

II. — CARRIERE DE NESLES

La carrière "Lavocat" (coordonnées Lambert : X = 551,70 ; Y = 325,70), exploitée par la cimenterie de Dannes, entaille les argiles albiennes sur une épaisseur de 13 m (fig. 1).

A) LITHOLOGIE (F. A.).

Du bas vers le haut, la succession apparaît ainsi :

Formation des Gardes (Albien inférieur).

0 m : Niveau de l'eau dans la carrière en septembre 1979.

0 m à 0.40 m : Sable quartzeux glauconieux vert grossier.

(*) 24, rue E. Dutarte, 62100 Calais (France).

(**) Institut des Sciences de la Terre de l'Université de Dijon et Laboratoire associé au C.N.R.S. n° 157-6, Boulevard Gabriel, 21100 Dijon (France).

Note présentée le 4 Novembre 1981 et acceptée pour publication par le Conseil de la S.G.N. le 3 Mars 1982.

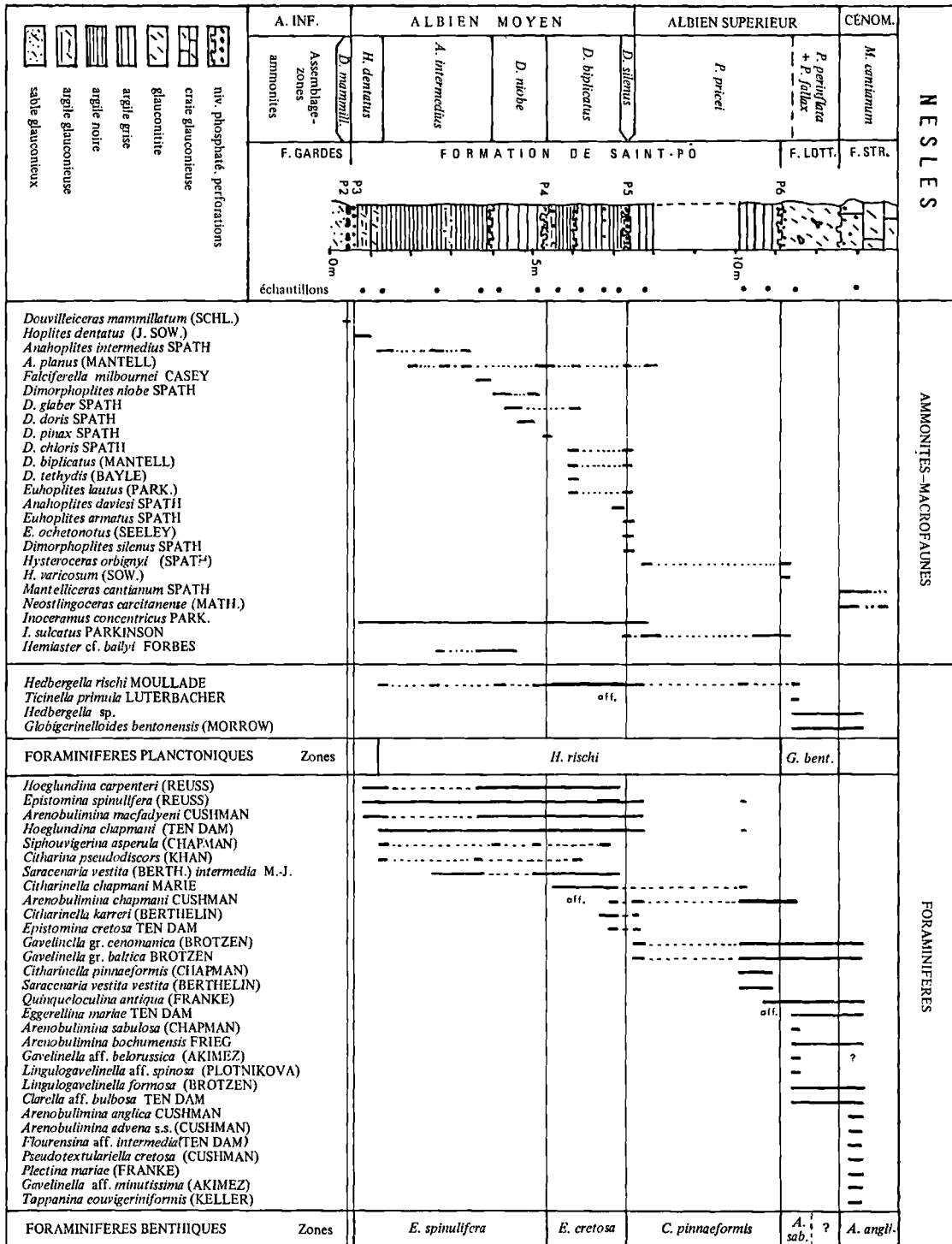


Fig. 1. — L'Albien de Nesles.

0,40 m à 0,46 m : Niveau phosphaté P2. Nodules phosphatés de 1 à 20 cm, gris ou marron, encroûtés de pyrite bien cristallisée sur leur partie supérieure ; *Douvilleiceras mammillatum* (Schlotheim).

Formation de Saint-Pô (Albien moyen et supérieur *pars*).

0,46 m à 0,50 m : Niveau phosphaté P3. Nodules de phosphate noir à brun avec *Phylloceras* sp., *Hoplites dentatus* (Sow.).

0,50 m à 1,10 m : Argile noire glauconieuse à *H. dentatus*.

1,10 m à 4,00 m : Argile noire, au toit taraudé de perforations. Quelques nodules phosphatés à 2,80 m au-dessus de la base du lit : *Inoceramus concentricus* Parkinson, *Anahoplites intermedius* Spath, *A. planus* (Mantell), nombreux *Falciferella milbournei* Casey entre 3,80 m et 4,00 m.

4,00 m à 5,40 m : Argile grise avec quelques nodules phosphatés centimétriques, marron, arrondis, disséminés dans la moitié inférieure : *I. concentricus*, *Hemiasper* cf. *bailly* Forbes, *Dimorphoplites niobe* Spath, *D. glaber* Spath, *D. doris* Spath.

5,40 m à 5,43 m : Niveau phosphaté P4. Petits nodules anguleux centimétriques, noirs : *I. concentricus*, *Dimorphoplites pinax* Spath.

5,43 m à 6,18 m : Argile noire, incluant à la base les nodules du P4 et pénétrant par terriers (*Thalassinoides*) dans le sommet des argiles sous-jacentes. Lit régulier de petits nodules phosphatés marron à 10 cm de la base.

6,18 m à 7,15 m : Argile gris sombre devenant verdâtre vers la base. A 6,70 m, lit de nodules phosphatés centimétriques arrondis, marron sombre, à cortex plus clair. Au contact du niveau inférieur, souligné par une surface perforée riche en *Thalassinoides*, lit de moules internes d'ammonites partiellement phosphatisées : *Anahoplites planus*, *Dimorphoplites chloris* Spath, *D. biplicatus* (Mantell), *D. tethydis* (Bayle), *Euhoplites lautus* (Park.), *I. concentricus*.

7,15 m à 7,20 m : Niveau phosphaté P5. Nodules phosphatés noirs nacrés, non usés, de 1 à 6 cm : *I. concentricus*, *A. planus*, *D. chloris*, *D. biplicatus*, *D. silenus* Spath, *Euhoplites lautus*, *E. ochetonotus* (Seeley), *E. armatus* Spath.

7,20 m à 8,00 m : Argile grise avec, à la base, de nombreuses perforations (*Thalassinoides*, *Chondrites*) s'enfonçant sur 15 cm dans le toit des argiles inférieures : *A. planus*, *Hysteroceras orbigny* (Spath), *I. sulcatus* Parkinson.

Lacune d'observation estimée à 2,20 m.

10,20 m à 11,20 m : Argile grise semblable à la précédente.

Formation de Lottinghen (Albien supérieur *pars*).

11,20 m à 12,60 m : Glauconite marneuse noir verdâtre, bioturbée. Dans les 5 cm inférieurs, nombreux nodules phosphatés centimétriques noirs, usés ou cassés, avec fossiles remaniés du niveau phosphaté P6 : *I. sulcatus*, *H. orbigny*, *H. varicosum* (Sow.).

Formation de Strouanne (Cénomaniens inférieur *pars*).

12,60 m à 14,00 m : Craie gris verdâtre légèrement glauconieuse et rythmée : *Neostlingoceras carcitanense* (Math.), *Mantelliceras cantianum* Spath, *Schloenbachia varians* (Sow.).

B) AMMONITES ET MACROFAUNES (F. A.).

La répartition des principaux marqueurs apparaît dans la fig. 1 en regard de la lithologie. Les zones d'ammonites utilisées ici sont celles définies par Amédéo in Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980). Ce sont des Assemblage-Zones, caractérisées chacune par une association d'espèces.

Remarque : Le terme anglais "Assemblage-Zone" (dans la suite du texte, repris avec l'abréviation A-Z) est adopté ici de préférence à la formulation "Cénzone" ou "Zone de l'Association à..." suivant la recommandation du guide stratigraphique international (Hedberg, 1976).

Albien inférieur et moyen.

La succession reconnue à Nesles correspond exactement à celle décrite à Wissant par Amédéo in Robaszynski, Amédéo *et al.* (1980). A un Albien inférieur sableux à *Douvilleiceras* (0 m à 0,46 m) succède après une discontinuité sédimentologique, un Albien moyen argileux (0,46 m à 7,20 m) à Hoplitinae. La distribution des genres *Hoplites*, puis *Anahoplites*, *Dimorphoplites* et *Metaclavites* permet de retrouver les 5 Assemblage-Zones définis à Wissant : A-Z à *Hoplites dentatus*, A-Z à *Anahoplites intermedius*, A-Z à *Dimorphoplites niobe*, A-Z à *D. biplicatus*, A-Z à *D. silenus*. Les trois niveaux phosphatés P3, P4, P5 traduisent cependant des condensations partielles.

Albien supérieur.

L'existence, au-dessus du P5, d'*Hysteroceras orbigny* et d'*Inoceramus sulcatus* permet de rapporter la totalité des argiles comprises entre 7,20 m et 11,20 m à l'A-Z à *Pervinquieria pricei*. Le remaniement des nodules phosphatés du P6 à *I. sulcatus*, *H. orbigny* et *H. varicosum* à la base de la Formation de Lottinghen suggère toutefois l'absence du sommet de l'A-Z à *P. pricei*.

Enfin, le reste de la Formation de Lottinghen n'a pas fourni de macrofaune caractéristique. Mais les foraminifères datent l'ensemble de la Formation de l'Albien terminal ("Vraconnien", zone à *Stoliczkaia dispar auct.*, = A-Z à *P. fallax* + A-Z à *P. perinflata*). Il y a donc lacune à Nesles de l'A-Z à *Pervinquieria inflata*.

C) FORAMINIFERES (F. M.-J.).

La répartition des espèces les plus importantes stratigraphiquement est donnée sur la fig. 1. Les zones de foraminifères utilisées ici : Interval-Zones (I-Z) — comprises entre l'apparition d'une première espèce (qui caractérise la zone) et l'apparition d'une seconde espèce — sont celles qui ont été définies en 1981 (in Amédéo *et al.*), avec deux légères modifications : 1°) *Hedbergella rischi* Moullade regroupe les espèces désignées précédemment *Hedbergella* sp. A et *H. aff. rischi* ; 2°) une I-Z à *Valvulineria angulata* est introduite à la

partie supérieure de l'I-Z à *Citharinella pinnaeformis*. En outre, est adoptée (en partie) la terminologie proposée par Barnard et Banner (1980), pour différencier les *Arenobulimina* à peine cloisonnés de l'Albien terminal (*A. advena praeadvena* Barnard et Banner), des *Arenobulimina* très cloisonnés du Cénomaniens (*A. advena advena* Cushman). Pour mémoire, la suite complète des I-Z définies dans l'Albien du Boulonnais et leur corrélation avec les zones d'ammonites sont présentées sur la fig. 2.

Comme chez les ammonites, la succession des foraminifères à Nesles jusqu'au P5 ressemble de très près à celle qu'on observe à Wissant. On reconnaît

l'I-Z à *E. spinulifera* du P3 au P4, puis l'I-Z à *E. cretosa*. Notons que les espèces-repères font défaut à la base de l'I-Z à *E. cretosa*, mais l'association est parfaitement typique de la zone, avec en particulier une relative abondance des *Hedbergella rischi* (planctonique) entre le P4 et le P5. Juste au-dessus du P5, la présence d'*Arenobulimina chapmani* Cushman typique et de grande taille, conjointement à de beaux spécimens de *Gavelinella* des groupes *baltica* Brotzen et *cenomanica* (Brotzen), permet de rattacher les argiles comprises entre 7,2 et 8 m à l'I-Z à *C. pinnaeformis* bien que l'espèce-index manque. On la trouve seulement après la lacune d'observation entre 10,2 et 10,8 m (sommet de la Formation de Saint-Pô), avec la faune caractéristique de la zone.

La Formation de Lottinghen a livré à 11,5 m *Globigerinelloides bentonensis* (Morrow) et *Arenobulimina sabulosa* (Chapman), associés à de nombreux *A. bochumensis* Frieg qui font rattacher ce niveau à l'A-Z (d'ammonites) à *P. perinflata* et *P. fallax*, malgré l'absence de *Rotalipora appenninica* (Renz). Un échantillon plus bas aurait été nécessaire pour savoir si l'extrême sommet de l'A-Z à *P. inflata* (I-Z à *G. bentonensis*/*A. sabulosa*) est représenté ici à la base de la Formation, comme à Lottinghen. De toute façon, comme le sommet de la Formation de Saint-Pô appartient à l'I-Z à *C. pinnaeformis*, il manque l'I-Z à *V. angulata* pour les foraminifères benthiques et les I-Z à *T. primula* et *Hedbergella* sp. pour les planctoniques, soit la majeure partie de l'A-Z à *P. inflata*.

L'absence d'échantillons au sommet de la Formation de Lottinghen ne permet pas de savoir si l'I-Z à *A. advena praeadvena* est effectivement représentée, ainsi qu'on peut le supposer. La Formation de Strouanne contient une microfaune caractéristique de la base régionale du Cénomaniens, avec en particulier *Arenobulimina anglica*. Les foraminifères ont ainsi révélé à Nesles une importante lacune stratigraphique, intéressant presque toute, voire toute l'A-Z à *P. inflata*.

III. — CARRIERE DE MENNEVILLE

Les anciennes carrières d'argile de Menneville (x = 565,75 ; y = 330,75), reconverties maintenant en décharge publique, restent encore accessibles dans leur partie supérieure. Une coupe partielle du front de taille est relevée (fig. 3).

A) LITHOLOGIE (F. A.).

Formation de Saint-Pô (Albien moyen et supérieur *pars*).

0 m : Niveau du plan d'eau dans la carrière orientale en avril 1980.

0 m à 2,20 m : Argile grise avec, dans la partie médiane, un lit de nodules phosphatés marron et noirs (P5 ?) qui a livré : *I. sulcatus*, *A. planus*, *Metaclavites compressus* (P. et B.).

2,20 m à 3,20 m (estimation) : Lacune d'observation.

R. appenninica	A. anglica	M. cantianum	CENOM.
	A. advena praeadvena	P. perinflata + P. fallax	
G. bentonensis	A. sabulosa		SUPERIEUR
Hedbergella sp.	V. angulata	P. inflata	
T. primula			
H. rischi	C. pinnaeformis	P. pricei	ALBIEN MOYEN
	E. cretosa	D. silenus	
		D. biplicatus	
E. spinulifera	D. niobe	A. intermedius	ALBIEN MOYEN
		H. dentatus	
ZONES DE FORAMINIFERES PLANCTONIQUES	ZONES DE FORAMINIFERES BENTHIQUES	ZONES D'AMMONITES	

Fig. 2. — Les zones de foraminifères reconnues dans l'Albien du Boulonnais.

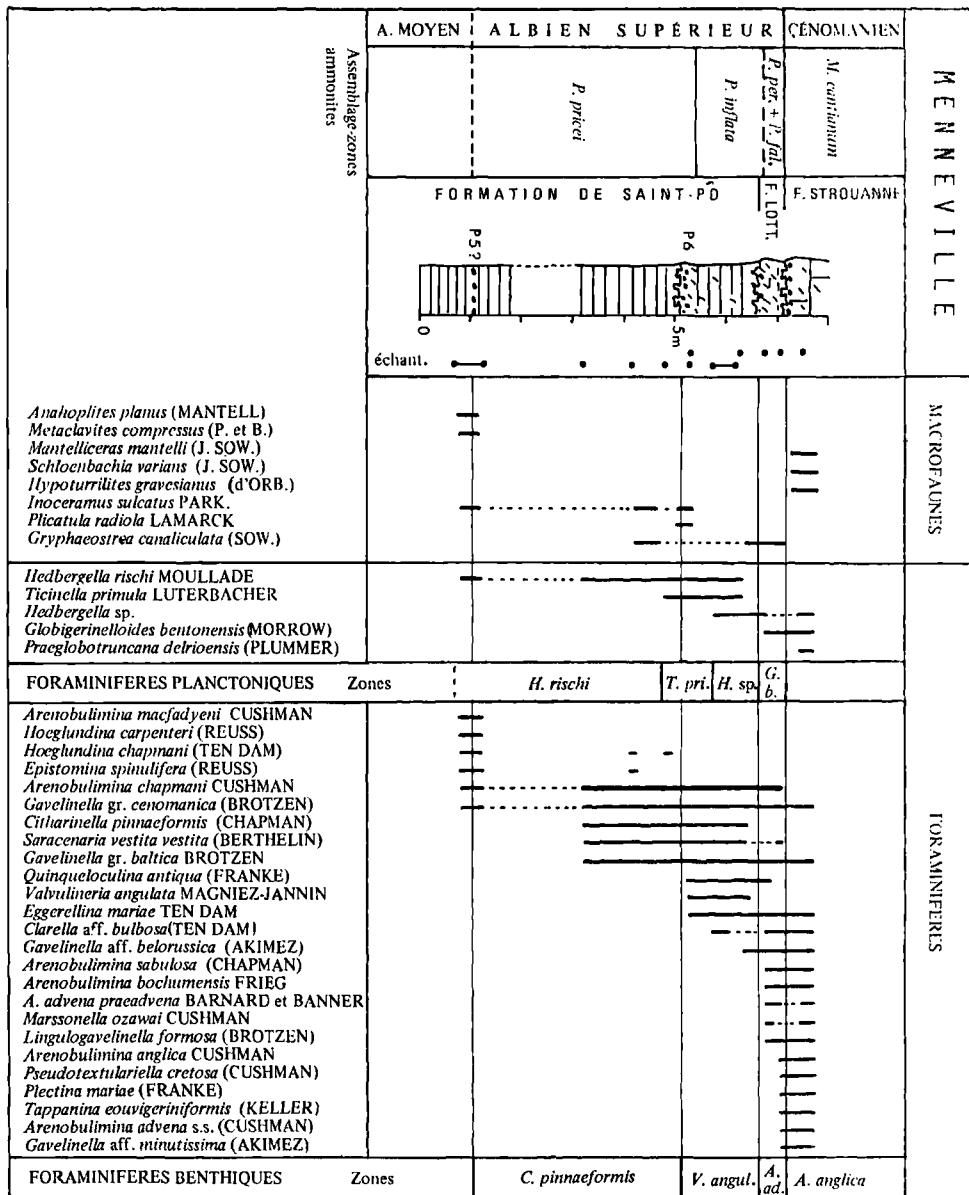


Fig. 3. — L'Albien de Menneville.

3,20 m à 5,20 m : Argile grise peu fossilifère : *Gryphaeostrea canaliculata* (Sow.).

5,20 m à 5,23 m : Niveau phosphaté P6. Nodules noirs arrondis de 1 à 3 cm associés à de nombreux nodules millimétriques : *I. sulcatus*, *Plicatula radiola* Lamarck.

5,23 m à 5,40 m : Argile gris verdâtre, finement glauconieuse, incluant les nodules du P6 et pénétrant par terriers le sommet des argiles inférieures.

5,40 m à 6,60 m : Argile gris clair légèrement piquetée de glauconie vers la base et taraudée au sommet par de nombreuses perforations.

Formation de Lottinghen (Albien supérieur pars).

6,60 m à 7,20 m : Glauconite bioturbée, vert foncé, à nodules phosphatés noirs, arrondis à la base. Nombreux *G. canaliculata*.

Formation de Strouanne (Cénomanién inférieur).

7,20 m à 8,00 m : Craie glauconieuse verte bioturbée, parsemée de nodules phosphatés noirs, de quelques mm à 4 cm, et de nodules phosphatés marron arrondis de 2 à 3 cm. Le contact avec la Formation de Lottinghen s'effectue par l'intermédiaire d'une surface perforée : *Hypoturrilites gravesianus* (d'Orb.), *Mantelliceras mantelli* (Sow.), *Schloenbachia varians* (Sow.).

Remarque : L'épaisseur de la Formation de Saint-Pô ne peut être appréciée directement dans les carrières de Menneville. Oiry (1904) indique toutefois 11,50 m de "Gault" au sondage de Desvres à environ 1 km au Sud-Ouest de la coupe décrite ici.

B) MACROFAUNES (F. A.).

Les mauvaises conditions d'affleurements et les difficultés d'accès à la coupe ne favorisent pas la récolte d'une macrofaune abondante (fig. 3). La découverte d'*Inoceramus sulcatus* permet cependant de dater la partie inférieure du gisement. L'extension verticale d'*I. sulcatus* est en effet bien connue dans l'Albien de Wissant (Amédéo et Destombes, 1978), et à Folkestone (Owen, 1975). Elle correspond à l'A-Z à *Dimorphoplites silenus* et à la moitié inférieure de l'A-Z à *Pervinquieria pricei*, ou encore à la sous-zone à *Hysterocheras orbigny* de Owen (1975) (et non pas à la sous-zone à *H. varicosum* comme Amédéo et al., 1981 l'ont écrit par erreur). Les nodules phosphatés à *A. planus* et *M. compressus*, reconnus à la base de l'affleurement, peuvent ainsi représenter le P5 tandis que le P6 se place à 5,20 m.

C) FORAMINIFERES (F. M.-J.).

La répartition des principaux foraminifères est présentée sur la fig. 3. La base de la coupe (premier échantillon prélevé de part et d'autre du niveau phosphaté P5) a livré une microfaune assez peu caractéristique, que l'on peut toutefois dater de la limite Albien moyen - Albien supérieur par la présence d'*Epi-stomina* et *Hoeglundina* et par l'association d'*Arenobulimina macfadyeni* Cushman et *A. chapmani* Cushman.

Les argiles sous-jacentes au P6 (2,2 à 5,2 m) renferment par contre une faune typique de l'I-Z à *C. pinnaeformis* (= A-Z à *P. pricei*) et on note tout au sommet l'apparition de *Ticinella primula* Luterbacher. Le sommet de la Formation de Saint-Pô (5,4 à 6,6 m) se rattache à l'I-Z à *V. angulata* correspondant à l'A-Z à *P. inflata*. Les foraminifères planctoniques, qui permettent de reconnaître les I-Z à *T. primula* puis à *Hedbergella sp.*, confirment cette datation et la précèdent même.

La Formation de Lottinghen (6,6 à 7,2 m) a fourni *Arenobulimina advena praeadvena* et toute la faune benthique associée caractéristique de l'extrême sommet de l'Albien. L'I-Z à *A. sabulosa*, qui s'intercale entre l'I-Z à *V. angulata* et l'I-Z à *A. advena* n'a pas été individualisée; manque-t-elle réellement ou l'échantillonnage n'était-il pas assez serré pour la mettre en évidence? Au sein des planctoniques, *Rotalipora appenninica*, qui coexiste avec les premiers *A. advena*, n'a pas été observée mais c'est une espèce très rare en faciès boréal dans l'Albien supérieur.

Dans la Formation de Strouanne, on rencontre toutes les espèces caractéristiques de l'I-Z à *A. anglica*. Il faut signaler que le dernier échantillon étudié dans la Formation de Lottinghen montre un mélange de microfaune albienne et cénomaniénne. Cette association accidentelle est due à la présence, au sommet de la Formation de Lottinghen, de terriers (*Thalassinoides*) remplis par de la craie glauconieuse du Cénomanién inférieur.

Les foraminifères s'avèrent donc précieux dans cette coupe, permettant d'identifier les A-Z d'ammonites à *P. pricei*, *P. inflata*, *P. perinflata* et *P. fallax*.

IV. — CARRIERE DE LOTTINGHEN

La nouvelle carrière de Lottinghen-Ouest (x = 571,10; y = 330,90), ouverte à 50 m de la coupe décrite par Robaszynski, Amédéo et al (1980), Amédéo et al. (1981), permet d'observer la Formation de Lottinghen, et la plus grande partie de la Formation de Saint-Pô. Cette dernière n'était pas accessible dans l'ancienne carrière de Lottinghen (fig. 4).

A) LITHOLOGIE (F. A.).

Le repère 0 m correspond au niveau de l'eau dans l'ancienne carrière de Lottinghen en Juillet 1977. Pour éviter toute ambiguïté, la numérotation des argiles inférieures à 0 m est indiquée de façon négative de 0 m à -9,40 m.

Formation de Saint-Pô (Albien moyen et supérieur pars).

-9,40 m à -6,40 m : Argile gris sombre avec, à 0,70 m de la base, un lit de petits nodules phosphatés friables non jointifs de 1 à 2 cm (P4 ?) : *I. concentricus*; nombreux *Hemiaster* cf. *bailly* de -9,40 m à -8,50 m.

-6,40 m à -6,35 m : Niveau phosphaté P5. Nodules phosphatés noirs, usés en surface : *I. concentricus*, *A. planus*, *D. glaber*, *D. chloris*, *D. biplicatus*, *M. metamorphicus* (Spath), *M. compressus*, *E. proboscideus* Spath, *E. serotinus* Spath, *Dipoloceras* cf. *bouchardianum* (d'Orb.).

-6,35 m à -3,20 m : Argile grise perforée à son sommet par des *Thalassinoides*. Nodules phosphatés plus fréquents à -6 m. -5,20 m et -4 m : *I. concentricus*, *I. sulcatus*, *Anahoplites picteti* Spath, *M. trifidus* (Spath). Nombreux *Beudanticeras beudanti* (Brong.) dans les nodules phosphatés à -4 m.

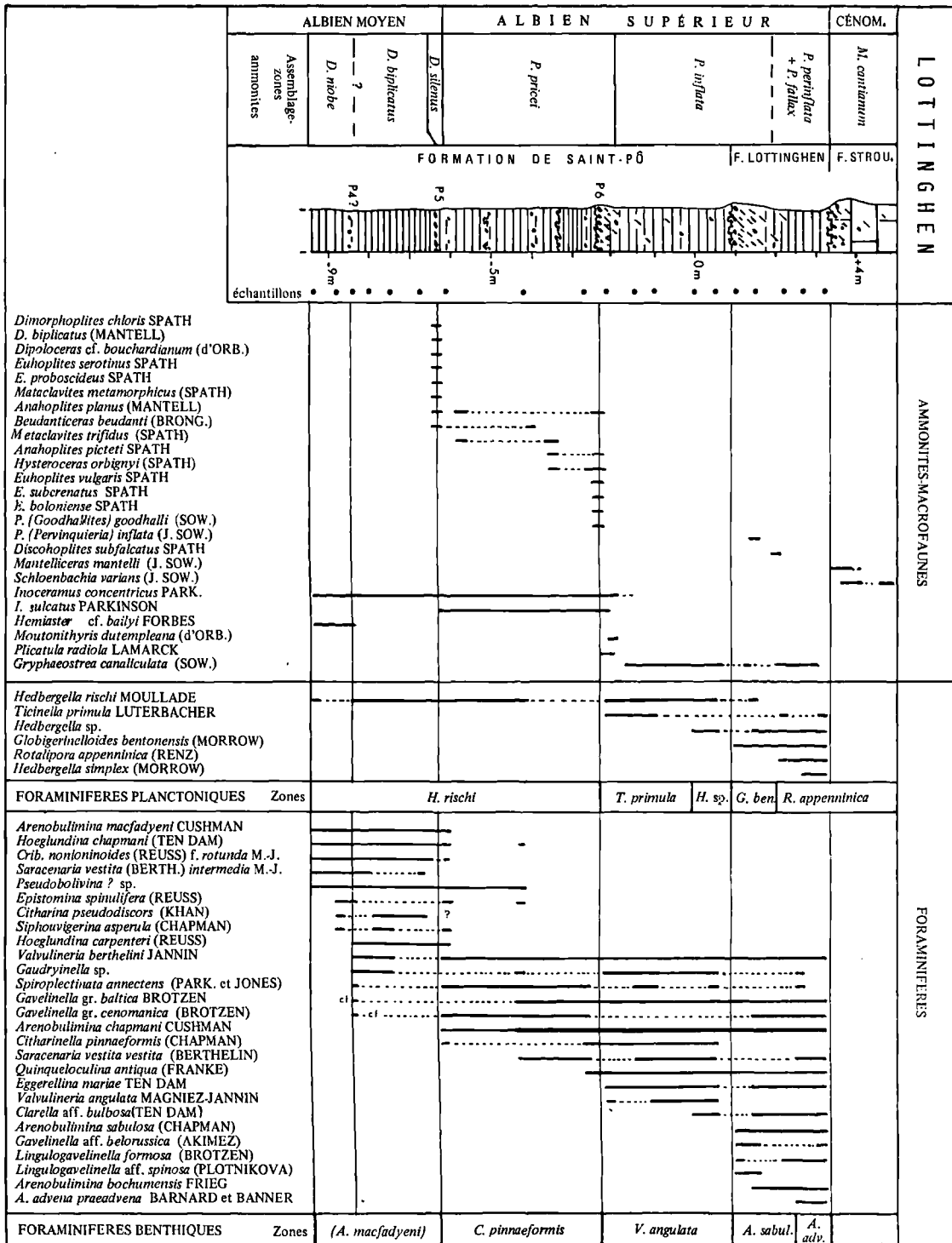


Fig. 4. — L'Albien de Lottinghen.

- 3,20 m à — 2,40 m : Argile grise sombre à *I. concentricus*, *I. sulcatus*.
- 2,40 m à — 2,36 m : Niveau phosphaté P6. Nodules phosphatés noirs de 1 à 4 cm : *I. sulcatus*, *Hamites intermedius*, *A. planus*, *A. picteti*, *E. vulgaris* Spath, *E. boloniense* Spath, *E. subcrenatus* Spath, *Pervinquieria* sp., *Prohysterocheras* (*Goodhallites*) *goodhalli* (Sow.), *Hysterocheras orbigny*.
- 2,36 m à — 2,10 m : Argile glauconieuse bioturbée pénétrant par des terriers de 10 cm de profondeur dans les argiles sous-jacentes et incluant, à la base, les nodules phosphatés du P6 : *I. concentricus*, *Plicatula* sp., *Moutonithyris dutempleana* (d'Orb.).
- 2,10 m à + 0,80 m : Argile gris-bleu avec, dans la moitié inférieure, quelques grains millimétriques de glauconie et de rares nodules phosphatés centimétriques marron clair ou noirs. Nombreux *Gryphaeostrea canaliculata*.

Formation de Lottinghen (*Locus typicus*) (Albien supérieur pars).

- + 0,80 m à + 1,20 m : Glauconitite consolidée, verte à petits nodules phosphatés centimétriques épars. A la base, sur 15 cm, nombreux nodules phosphatés marron de 0,5 à 1 cm de diamètre et abondantes perforations pénétrant sur environ 20 cm dans l'argile sous-jacente : *G. canaliculata*.
- + 1,20 m à + 2,40 m : Marne glauconieuse verdâtre consolidée et bioturbée : *Pervinquieria* (*Pervinquieria*) *inflata* (Sow.) à + 1,50 m ; *Discohoplites subfalcatatus* Spath à + 2 m.
- + 2,40 m à + 3,70 m : Argile bleu-noir avec amas lenticulaires de glauconie : *G. canaliculata*, *Lechites* sp. à 2,80 m.

Formation de Strouanne (Cénomanien inférieur).

- + 3,70 m à + 5,00 m : Craie glauconieuse bioturbée s'enfonçant par terriers dans le sommet de la Formation de Lottinghen et livrant des nodules phosphatés noirs, anguleux, ainsi que des nodules phosphatés marron avec *Hypoturrilites* sp., *M. mantelli*, *S. varians*.

B) AMMONITES ET MACROFAUNES (F. A.).

Albien moyen.

Bien que la base de la Formation de Saint-Pô ne soit pas atteinte dans la carrière de Lottinghen-Ouest, la plus grande partie de l'Albien moyen est cependant visible.

Aucune ammonite n'a été recueillie pour l'instant dans la partie inférieure de la coupe, mais la présence de nombreux *Hemister cf. bailyi* entre — 9,40 m et — 8,50 m apporte une indication sur l'âge des argiles. L'espèce est en effet commune dans le lit n de Wissant et le "Bed III" de Folkestone qui appartiennent tous deux à l'A-Z à *Dimorphoplites niobe*. Plus haut, la faune d'ammonites récoltée dans le niveau phosphaté

P5 : *Dimorphoplites chloris*, *Metaclavites compressus*, *Dipoloceras cf. bouchardianum*, est caractéristique de l'A-Z à *Dimorphoplites silenus*.

Albien supérieur (y compris le « Vraconnien » auct.).

Comme dans les autres coupes étudiées, l'association d'*Hysterocheras orbigny* et d'*I. sulcatus* entre — 6,35 m et — 2,10 m permet de repérer l'A-Z à *Pervinquieria pricei*. A noter la découverte de *Moutonithyris dutempleana* dans les 25 cm d'argile supérieure au P6, au sommet de l'A-Z à *P. pricei*. La localisation de ce brachiopode dans un horizon particulier, repéré également dans le Nord du Boulonnais (base du lit v de Wissant) et le Kent ("Bed X" de Folkestone), est sans doute liée à des conditions de vie momentanément plus favorables dans la région Weald-Boulonnais. Audessus, l'A-Z à *P. inflata* est reconnue jusqu'à + 2 m où apparaît enfin *Discohoplites subfalcatatus* caractéristique des A-Z à *P. fallax* et A-Z à *P. perinflata* (= zone à *Stoliczkaia dispar auct.*) de l'Albien terminal.

C) FORAMINIFERES (F. M.-J.)

La succession des foraminifères est donnée sur la fig. 4. Les argiles de la base, sous le P5, sont marquées par la rareté d'*Epistomina spinulifera*, l'absence d'*E. cretosa* et *Citharinella karreri*, ce qui ne permet pas d'identifier les deux zones successives définies par ces espèces. Cependant, l'ensemble de la faune et la présence des *Hoeglundina*, de *Arenobulimina macfadyeni*, *Citharina pseudodiscors* (Khan) confèrent à ces couches un âge albien moyen indubitable ; quelques espèces, comme *Valvulineria berthelini* Jannin ou *Gaudryinella* sp., qui apparaissent au-dessus du premier lit de nodules phosphatés (P4 ?), donnent à penser que les niveaux sous-jacents pourraient se rattacher effectivement à l'A-Z à *D. niobe* et les sus-jacents à l'A-Z à *D. biplicatus*.

Les argiles comprises entre le P5 et le P6 représentent l'I-Z à *C. pinnaeformis* (= A-Z à *P. pricei*). Le sommet de la Formation de Saint-Pô (— 2,1 à + 0,8 m) se rattache à l'I-Z à *V. angulata* pour les foraminifères benthiques et aux I-Z à *T. primula*, puis *Hedbergella* sp. pour les planctoniques, cette dernière espèce apparaissant en même temps que *Clarella* aff. *bulbosa* parmi les benthiques.

On note ensuite l'apparition synchrone de *Arenobulimina sabulosa* et *Globigerinelloides bentonensis* à la base de la Formation de Lottinghen qui se rattache à l'extrême sommet de l'A-Z à *P. inflata*. Puis l'I-Z à *R. appenninica* débute à + 2,2 m, coïncidant approximativement avec la base des A-Z à *P. perinflata* et *P. fallax*. L'I-Z à *advena praeadvena* s'individualise enfin un peu plus tardivement, à + 2,6 m. La Formation de Strouanne n'a pas fait l'objet d'une étude micro-paléontologique. Le caractère assez peu évolué des *R. appenninica* récoltées ici (loges assez renflées, carène peu marquée) fait penser que peut-être les niveaux tout

à fait sommitaux de l'Albien manqueraient (Magniez-Jannin, 1981). En dépit de cela, la coupe de Lottinghen apparaît comme la série la plus complète à l'Albien supérieur dans le Boulonnais.

V. — CORRELATIONS

L'examen de la fig. 5 montre les corrélations envisageables dans l'Albien du Boulonnais. Deux types de comparaisons peuvent être considérés en utilisant, soit les repères lithologiques, soit les éléments biostratigraphiques.

A) CORRELATIONS LITHOLOGIQUES.

Formation des Gardes (Albien inférieur).

Reconnue à Wissant, à Nesles, à Menneville, la Formation des Gardes est très uniforme, à la fois par son épaisseur et sa lithologie. A noter cependant que, dans la carrière de la Basse Forêt de Desvres, décrite antérieurement par Amédéo et Mania (1976), une érosion locale infra-albienne détermine la disparition des sables glauconieux de la Formation des Gardes. La Formation de Saint-Pô (Albien moyen et supérieur *pars*) surmonte alors directement la Formation de Verlincthun (Aptien supérieur).

Formation de Saint-Pô (Albien moyen et supérieur *pars*).

La comparaison des différentes coupes révèle la continuité des niveaux phosphatés P3, P4, P5 et P6 dans tout le Boulonnais. Celle-ci montre également que la partie inférieure de la Formation de Saint-Pô (du P3 au P5 inclus) possède une composition lithologique constante de Wissant à Nesles, comme en témoignent la position semblable dans les deux coupes des surfaces d'omission et les changements de couleur de l'argile. Par contre, au sein de la partie supérieure de la Formation, une variation latérale de faciès se manifeste dans le Sud du Boulonnais par la présence de glauconie dans les 40 cm d'argile supérieure au P6. Enfin, il faut noter l'absence à Nesles, du toit de la Formation de Saint-Pô (érosion ? jusqu'au P6).

Formation de Lottinghen (Albien supérieur *pars*).

Dans l'état actuel des connaissances, la Formation de Lottinghen est reconnue uniquement dans le Sud du Boulonnais. Par ses caractères litho- et biostratigraphiques, elle paraît être un équivalent latéral des "Beds" XII et XIII de la coupe de Folkestone dans le Sud-Est de l'Angleterre (Owen, 1975).

B) CORRELATIONS PALEONTOLOGIQUES.

Albien inférieur.

La détermination des ammonites recueillies dans les niveaux phosphatés de la Formation des Gardes confirme l'importance des phénomènes de condensation

affectant les sédiments de l'Albien inférieur dans le Boulonnais : A-Z à *Cleoniceras floridum* avec parfois quelques éléments plus anciens de l'A-Z à *Leymeriella regularis* pour le P1, A-Z à *Protohoplites (Hemisonneratia) puzosianus*, A-Z à *Otohoplites auritifformis*, A-Z à *Otohoplites bulliensis* pour le P2. Au-dessus, la lacune reconnue entre l'Albien inférieur et l'Albien moyen (entre le P2 et le P3) est également constante dans le Boulonnais.

Albien moyen et supérieur.

Dans l'Albien moyen, la distribution des Hoplitidae permet de retrouver partout les zones d'ammonites définies à Wissant (fig. 5). Les concentrations et renouvellements des faunes observés dans les niveaux phosphatés soulignent le caractère condensé de ces derniers. Notons d'un autre côté, l'existence de plusieurs horizons paléontologiques particuliers, avec l'abondance d'une petite ammonite : *Falciferella milbournei* au sommet de l'A-Z à *A. intermedius*, la fréquence d'un échinide : *Hemiaster cf. bailyi* dans l'A-Z à *D. niobe*, ou encore dans l'Albien supérieur, la présence d'un brachiopode : *Moutonithyris dutempleana* au sommet de l'A-Z à *P. pricei*.

Dans l'Albien supérieur, les arrêts de sédimentation et les phases d'érosion révélées par la lithologie, se retrouvent marqués dans la succession des zones paléontologiques. Si l'A-Z à *Pervinquieria pricei* est encore présente dans tout le Boulonnais, deux discontinuités apparaissent par contre au-dessus. L'A-Z à *P. inflata*, bien caractérisée à Wissant, s'amincit en effet dans le Sud-Ouest du Boulonnais pour disparaître à Nesles. A l'inverse, l'Albien terminal à *Discohoplites subfalcatus* et *Rotalipora appenninica* (zone à *Stoliczkaia dispar auct.*) qui manque à Wissant, se développe dans tout le Sud du Boulonnais comme dans le Weald en Angleterre. Ces discontinuités suggèrent une instabilité tectonique modérée du Boulonnais durant l'Albien supérieur.

Notons enfin que la limite entre l'A-Z à *P. inflata* et la "Zone à *S. dispar*" *auct.* ne coïncide pas avec une limite lithologique, mais se place au sein même de la Formation de Lottinghen.

C) COMPARAISON AVEC L'ALBIEN DU SUD-EST DE L'ANGLETERRE.

Une courte comparaison peut être envisagée enfin avec l'Albien du Sud-Est de l'Angleterre. Les données publiées dans le Weald par Owen (1975) montrent en effet une correspondance étroite entre les séries stratigraphiques situées de part et d'autre de la Manche. Cette analogie est soulignée par exemple dans la continuité des niveaux phosphatés entre le Boulonnais et le Weald. Elle est également appuyée par l'extension dans les deux régions des horizons paléontologiques successifs à *Falciferella milbournei*, à *Hemiaster cf. bailyi*, à *Moutonithyris dutempleana*, qui ne sont pas reconnus ailleurs.

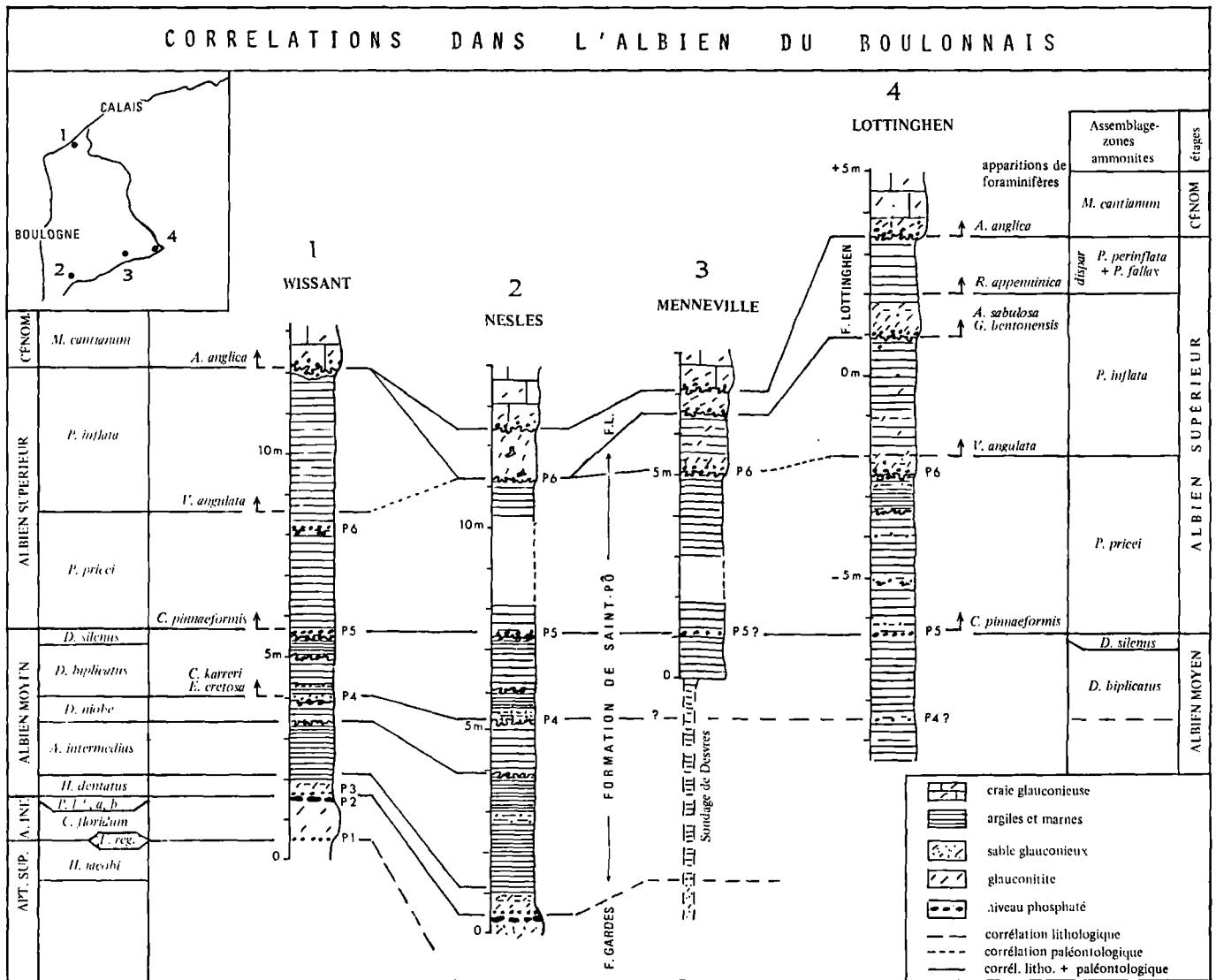


Fig. 5. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques dans l'Albien du Boulonnais.

VI. — CONCLUSIONS

En définitive, la corrélation de quatre coupes réparties dans l'Albien du Boulonnais permet de mettre en évidence :

- le faciès identique de la Formation de Saint-Pô dans le Boulonnais ;
- l'existence de niveaux phosphatés continus et synchrones (P3 à P6) ;
- la présence d'Albien terminal ("Vraconnien") dans le Sud du Boulonnais ;

— le développement de trois lacunes majeures situées respectivement :

- 1) dans l'Albien basal,
- 2) à la limite Albien inférieur - Albien moyen,
- 3) à la limite Albien - Cénomanien.

Enfin, une certaine unité se dessine à l'Albien dans l'évolution paléogéographique du Boulonnais et du Weald. Les lacunes décelées dans l'Albien supérieur de Wissant et à Nesles révèlent toutefois une instabilité tectonique modérée du Boulonnais à l'Albien supérieur.

BIBLIOGRAPHIE

- 1) AMEDRO F. (1981). — Actualisation des zonations d'ammonites dans le Crétacé moyen du bassin anglo-parisien. Essai d'une zonation phylétique de l'Albien au Turonien. *Cretaceous Research*, vol. 2, n° 3/4, p. 261-269.
- 2) AMEDRO F., MANIA J. (1976). — L'Aptien du Boulonnais. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. XCVI, p. 207-216.
- 3) AMEDRO F., DESTOMBES P. (1978). — Répartition des ammonites dans l'Albien moyen et supérieur, argileux de Wissant (Boulonnais). *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, t. 15, p. 9-15.
- 4) AMEDRO F., DAMOTTE R., MANIVIT H., ROBASYNSKI F., SORNAY J. (1978). — Echelles biostratigraphiques dans le Cénomaniens du Boulonnais. *Rev. Géol. Médit.*, t. 5, n° 1, p. 5-18.
- 5) AMEDRO F., DAMOTTE R., MAGNIEZ-JANNIN F., MANIVIT H. (1981). — Echelles biostratigraphiques dans l'Albien du Boulonnais (macro-micro-nannofossiles). *Bull. Inf. Géol. Bass. Paris*, vol. 18, n° 2, p. 3-19.
- 6) BACCAERT J. (1973). — Contribution à l'étude stratigraphique des foraminifères planctoniques de l'Albien de Wissant (Pas-de-Calais, France). *Ann. Soc. Géol. Belgique*, t. 96, p. 533-563.
- 7) BARNARD T., BANNER F.T. (1980). — The Ataxophragmiidae of England. Part I: Albion-Cenomanian *Arenobulimina* and *Crenaverneuilina*. *Revista Española de Micropaleontología*, vol. XII, n° 3, p. 383-430.
- 8) BARROIS Ch. (1873). — Comparaison des assises crétacées mises au jour dans les tranchées du chemin de fer de Saint-Omer à Boulogne avec celles du Blanc-Nez. *Mém. Soc. Sciences, Agric., Arts Lille*, 3, vol. 11, p. 63-75.
- 9) BARROIS Ch. (1874). — Sur le Gault et sur les couches entre lesquelles il est compris dans le bassin de Paris. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. II, p. 1-61.
- 10) BARROIS Ch. (1879). — A geological sketch of the Boulonnais. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 6, p. 1-37.
- 11) CARTER D.J., HART M.B. (1977). — Aspects of mid-Cretaceous stratigraphical micropaleontology. *Bull. Br. Mus. nat. Hist. (Geol.)*, vol. 29, n° 1, p. 1-135.
- 12) DESTOMBES J.P., DESTOMBES P. (1938). — Note sur le Gault de Wissant. *Ann. Soc. Géol. Nord*, t. LXII, p. 98-121.
- 13) DESTOMBES P., DESTOMBES J.P. (1965). — Distribution zonale des ammonites dans l'Albien du bassin de Paris. *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, Coll. Crét. inf., p. 255-270.
- 14) HEDBERG H.D. (1976). — International Stratigraphic guide. *J. Wiley and Sons*, London, 200 p.
- 15) MAGNIEZ-JANNIN F. (1975). — Les foraminifères de l'Albien de l'Aube: paléontologie, stratigraphie, écologie. *Cahier Paléont.*, Ed. C.N.R.S., 351 p.
- 16) MAGNIEZ-JANNIN F. (1979). — Les foraminifères du stratotype de l'Albien: biozonation, paléoécologie. *In P. Rat et al.*: L'Albien de l'Aube. Les stratotypes français. Ed. C.N.R.S., vol. 5, p. 195-265.
- 17) MAGNIEZ-JANNIN F. (1981). — Découverte de *Planomalina buxtorfi* (Gandolfi) et d'autres foraminifères planctoniques inattendus dans l'Albien supérieur d'Abbotscliff (Kent, Angleterre); conséquences paléogéographiques et biostratigraphiques. *Géobios*, n° 14, fasc. 1, p. 91-97.
- 18) MARIE P. (1941). — Zones à foraminifères des marnes du Gault de Wissant (Pas-de-Calais, France) *C.R. somm. Soc. Géol. France*, n° 10, p. 53-55.
- 19) MARIE P. (1965). — Sur une échelle stratigraphique de l'Albien du Bassin Parisien basée sur les foraminifères. *Mém. B.R.G.M.*, n° 34, p. 271-288.
- 20) OLRÉ A. (1904). — Travaux d'exploitation et de recherche exécutés dans le bassin houiller du Boulonnais et dans la région comprise entre le bassin du Pas-de-Calais et la mer. *Bull. Serv. Carte Géol. France*, n° 100, t. XV, p. 335-465, Pl. 1-2.
- 21) ORBIGNY A. d' (1842). — Paléontologie française. Terrains crétacés, t. 2, Gastéropodes, p. 1-456.
- 22) OWEN H.G. (1975). — The Stratigraphy of the Gault and Upper Greensand of the Weald. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 86, p. 475-498.
- 23) PRICE R.J. (1977). — The evolutionary interpretation of the Foraminifera *Arenobulimina*, *Gavelinella* and *Hedbergella* in the Albian of north-west Europe. *Palaeontology*, vol. 20, part 3, p. 503-527.
- 24) PRICE R.J. (1977). — The stratigraphical zonation of the Albian sediments of north-west Europe, as based on foraminifera. *Proc. Geol. Ass.*, vol. 88, part 2, p. 65-91.
- 25) PRICE R.J., JORDEN P.R. (1977). — A Fortran IV program for foraminiferid stratigraphic correlation and paleoenvironmental interpretation. *Computers and Geosciences*, vol. 3, p. 601-615.
- 26) ROBASYNSKI F., CARON M. coord. (1979). — Atlas de foraminifères planctoniques du Crétacé moyen (mer boréale et Téthys). Groupe de travail européen des foraminifères planctoniques. *Cahiers micropal.*, fasc. 1 et 2, 80 pl.
- 27) ROBASYNSKI F., AMEDRO F. coord., FOUCHER J.C., GASPARD D., MAGNIEZ-JANNIN F., MANIVIT H., SORNAY J. (1980). — Synthèse biostratigraphique de l'Aptien au Santonien du Boulonnais à partir de sept groupes paléontologiques: Foraminifères, Nannoplanton, Dinoflagellés et macrofaunes. *Rev. micropal.*, vol. 22, n° 4, p. 195-321, Pl. 1-19.

« »

SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
Publication n° 1

Jean CHOROWICZ

Étude géologique des Dinarides
le long de la
structure transversale Split-Karlovac
(Yougoslavie)




SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
Publication n° 2

Jacques CHARVET

Essai sur un orogène alpin

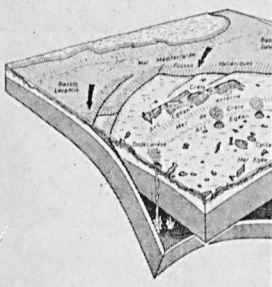
Géologie des Dinarides
au niveau de la
transversale de Sarajevo
(Yougoslavie)



SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
Publication n° 3

Jacques ANGELIER

NEOTECTONIQUE
DE
L'ARC EGÉEN



S. G. N.
8935 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX
— 1979 —

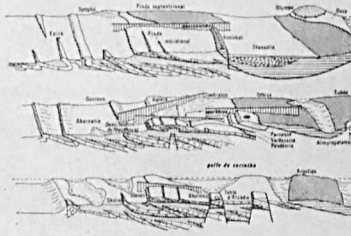
SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DU NORD
Publication n° 4

Jean-Jacques FLEURY

Les zones de
Cavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos
(Grèce continentale et Peloponèse du Nord)

Evolution d'une plate-forme et d'un bassin
dans leur cadre alpin

Volume I



S. G. N.
8935 VILLENEUVE D'ASCQ CEDEX
— 1980 —

Ces fascicules sont en vente (*) au Siège de la Société Géologique du Nord,
59655 Villeneuve d'Ascq Cedex

Publication n° 1. — J. Chorowicz	130,00 F H.T.
Publication n° 2. — J. Charvet	150,00 F H.T.
Publication n° 3. — J. Angelier	140,00 F H.T.
Publication n° 4 (2 volumes). — J.J. Fleury	175,00 F H.T.
Publication n° 5 (2 volumes). — M. Cousin	175,00 F H.T.

(*) Les membres abonnés de la S.G.N. bénéficient d'une réduction de 20 % sur un exemplaire de chacune de ces publications.

Sont en vente au Siège de la Société :

MEMOIRES (*)

Tome I, n° 1. - Ch. BARROIS, <i>Recherches sur le terrain créacé de l'Angleterre et de l'Irlande</i> , 1876, 232 p.	336,00 F.
n° 2. - P. FRAZER, <i>Géologie de la partie Sud-Est de la Pensylvanie</i> , 1882, 178 p.	252,00 F.
n° 3. - R. ZEILLER, <i>Mémoire sur la flore houillère des Asturies</i> , 1882, 24 p.	36,00 F.
Tome IV, n° 1. - J. GOSSELET, <i>Etudes sur les variations du Spirifer Verneuilli</i> , 1894, 63 p., 7 pl.	90,00 F.
Tome VI, n° 1. - P. BERTRAND, <i>Etude du stipe de l'Adelophyton jutieri</i> B. Renault, 1907, 38 p., 4 pl. ..	85,00 F.
n° 2. - J. GOSSELET, Ch. BARROIS, M. LERICHE, A. CREPIN, P. PRUVOST, G. DUBOIS, <i>Faune siluro-dévonienne de Liévin</i> , 1912-1920. (Fasc. 1 épuisé). Fasc. 2	336,00 F.
n° 3. - V. COMMONT, <i>Saint-Acheul et Montières : Notes de Géologie, de Paléontologie et de Préhistoire</i> , 1909, 68 p., 3 pl.	156,00 F.
Tome VII, n° 1. — P. BERTRAND, <i>Etude des Stipes d'Asterochloena laxa</i> Stenzel, 1911, 72 p., 6 pl.	102,00 F.
Tome VIII, n° 2. — Ed. LEROUX, <i>Le tunnel de l'Ave Maria. Observations géologiques et hydrologiques sur le plateau et la falaise au Sud de Boulogne-sur-Mer</i> , 1929, 50 p., 5 pl.	120,00 F.
Tome IX, n° 1. - G. DUBAR, <i>Etude sur le Lias des Pyrénées françaises</i> , 1925, 332 p., 7 pl.	432,00 F.
n° 2. - Dom Grégoire FOURNIER et P. PRUVOST, <i>Description des poissons élasmobranches du marbre noir de Denée</i> , 1926, 23 p., 6 pl.	96,00 F.
Tome X, n° 2. - J.W. LAVERDIERE, <i>Contribution à l'étude des terrains paléozoïques des Pyrénées occidentales</i> , 1931, 132 p., 8 pl.	180,00 F.
Tome XII. — D. LE MAITRE, <i>Etude sur la Faune des Calcaires dévoniens du Bassin d'Ancenis</i> , 1934, 263 p., 18 pl.	336,00 F.
Tome XIII. — P. BRICHE, P. DANZE-CORSIN et J.P. LAVEINE, <i>Flore infraliasique du Boulonnais (Macro-et Microflore)</i> , 1963, 145 p., 11 pl.	252,00 F.
Tome XIV. — G. WATERLOT, <i>Les Gigantostacés du Siluro-Dévonien de Liévin</i> , 1966, 23 p., 5 pl.	84,00 F.
Tome XV. — J. MANIA, <i>Gestion des Systèmes aquifères. Applications au Nord de la France</i> , 1978, 228 p.	180,00 F.

FASCICULES SPECIAUX (*)

« Géologie du Nord de la France » (T. LXXXIX, fasc. 1)	85,00 F.
« Centenaire de la S.G.N. » (T. XC, fasc. 4)	100,00 F.
« Rupture des roches et massifs rocheux » (T. XCV, fasc. 3)	70,00 F.
« Données nouvelles sur le Paléozoïque de l'Europe occidentale » (T. XCVI, fasc. 4 et T. XCVII fasc. 1) ..	200,00 F.
« Apports récents à la Géologie du Gondwana » (T. XCVII, fasc. 4)	150,00 F.
« Géologie de l'Europe, du Précambrien aux bassins sédimentaires post-hercyniens » (T. XCIX, fasc. 1)	150,00 F.

PUBLICATIONS (*)

Publication N° 1. — J. CHOROWICZ, <i>Etude géologique des Dinarides le long de la transversale Split-Karlovac (Yougoslavie)</i>	130,00 F.
Publication N° 2. — J. CHARVET, <i>Essai sur un orogène alpin : Géologie des Dinarides au niveau de la transversale de Sarajevo (Yougoslavie)</i>	150,00 F.
Publication N° 3. — J. ANGELIER, <i>Néotectonique de l'arc égéen</i>	140,00 F.
Publication N° 4. — J.J. FLEURY, <i>Les zones de Gavrovo-Tripolitza et du Pinde-Olonos (Grèce continentale et Péloponnèse du Nord). Evolution d'une plate-forme et d'un bassin dans leur cadre alpin</i>	175,00 F.
Publication N° 5. — M. COUSIN, <i>Les rapports Alpes-Dinarides. Les confins de l'Italie et de la Yougoslavie</i>	175,00 F.

<i>Esquisse géologique du Nord de la France</i> , par J. GOSSELET, Fascicule IV (Terrains quaternaires)	29,00 F.
<i>Ecorché géologique infra-mésozoïque</i> (extrait de « Contribution à la connaissance des bassins paléozoïques du Nord de la France », présentée par C.F.P. (M), COPESEP et S.N.P.A.)	50,00 F.

SERIE DOCUMENTATION (Pochettes de 6 Diapositives avec notice) (*)

Série I. — Paysages du Nord de la France au cours des temps géologiques	30,00 F.
Série II. — Aperçu sur les microfaciès de la craie	30,00 F.
Série III. — Les Nannofossiles calcaires de la craie	30,00 F.
Série IV. — Pétrographie des Houilles	30,00 F.
Série V. — La flore houillère. 1° les plantes à feuilles de Fougères	30,00 F.
Série VI. — Les étapes de la Préhistoire	30,00 F.
Série VII. — Reconstitution de Vertébrés sans mâchoires (« Agnathes ») du Primaire	30,00 F.
Série VIII. — Le gisement paléolithique de Blache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 1) Les fouilles et le cadre stratigraphique	35,00 F.
Série IX. — Le gisement paléolithique de Blache-Saint-Vaast (Pas-de-Calais). - 2) Les vestiges humains, l'industrie lithique et la grande faune	35,00 F.

Les membres abonnés bénéficient d'une réduction de 20 % sur un exemplaire de chacune de ces publications.

Les prix sont augmentés des frais de port et d'emballage quand les volumes ne sont pas pris directement au dépôt.

SOMMAIRE

Tome CI

1981

3^{me} trimestre

	pages
J.C. ROHART. — <i>Phillipsastraeidae</i> (Rugosa) du Dévonien de Ferques (Boulonnais, France). 2. - <i>Scrutonia boloniensis</i> (M.E. et H., 1851)	105
J.F. BECQ-GIRAUDON, J.P. COLBEAUX et J. LEPLAT. Structures anciennes transverses dans le bassin houiller du Nord - Pas-de-Calais	117
H. MAILLOT, S. NOUALI et B. TRIPLET. — Prospection géophysique appliquée à la reconnaissance d'un contact faillé entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire (Est de Lille, Nord de la France)	123
F. AMEDRO et F. MAGNIEZ-JANNIN. — Corrélations lithologiques et biostratigraphiques (<u>ammonites</u> , foraminifères) dans l'Albien du <u>Boulonnais</u>	133

© 1982 Société géologique du Nord Editeur, Lille

toute reproduction, même partielle de cet ouvrage est interdite. Une copie ou reproduction par quelque procédé que ce soit, photographie, microfilm, bande magnétique, disque ou autre, constitue une contrefaçon passible des peines prévues par la loi du 11 mars 1957 sur la protection des droits d'auteur.

Imprimé en France (Printed in France)